directa dos 2° e 4° problemas — tal como com o ábaco de Moody — e ainda do 3° problema, em virtude da existência de mais um eixo de abcissas.

Os métodos indicados em 3.2 e 3.3 resolvem directamente os problemas 1°, 2° e 3°.

Faz-se notar que os ábacos de Moody e Rouse permitem a introdução do factor p correctivo do raio hidráulico desde que se faça intervir aquele factor no cálculo do número de Reynolds e da rugosidade relativa.

3.2 — Ábacos de Ackers.

Em vez dos parâmetros adimensionais f, R_e e k/D que figuram na fórmula de Colebrook e nos ábacos de Moody e Rouse, Ackers [9] escolheu três outros correspondendo cada um deles a uma das variáveis de interesse prático: U, $\overline{R}$, e J. Considerou como grandezas fundamentais de um sistema de unidades as grandezas $\overline{R}$, U e gJ; pela condição de ausência de dimensões, obteve as seguintes expressões para os parâmetros:

Parâmetro da velocidade $U^* = \frac{k}{\nu} U$.

Parâmetro do raio hidráulico $\overline{R}^* = \frac{\overline{R}}{k}$.

Parâmetro da perda de carga unitária $J^* = \frac{2g\,k^3}{\nu^2} J$.

Nestas expressões foram considerados por comodidade factores de valor unitário para os dois primeiros parâmetros e de valor 2 para o terceiro.

As anteriores expressões dos parâmetros são equivalentes às seguintes:

$$U^* = \frac{R_e\,k}{4\,\overline{R}}$$

$$\overline{R}^* = \frac{D}{4\,k}$$

$$J^* = f\,R_e^2 \left(\frac{k}{D}\right)^3$$

de que resultam

$$R_e = 4\,U^*\,\overline{R}^*$$

$$f = 4\,\overline{R}^*\,J^*/U^{*2}$$

$$D/k = 4\,\overline{R}^*.$$

Introduzindo as últimas expressões na fórmula de Colebrook, esta pode escrever-se

$$U^* = -4\sqrt{\overline{R}^*\,J^*}\cdot \left[\log\frac{1}{14{,}8\,\overline{R}^*} + \log\left(1 + \frac{4{,}6435}{\sqrt{\overline{R}^*\,J^*}}\right)\right] \quad (21)$$

que para os escoamentos turbulentos lisos ($\overline{R}^*\,J^* \to 0$) e rugosos ($\overline{R}^*\,J^* \to \infty$) se transforma respectivamente em

$$U^* = 4\sqrt{\overline{R}^*\,J^*}\,\log\,(3{,}187\,\overline{R}^*\sqrt{\overline{R}^*\,J^*})$$

e

$$U^* = 4\sqrt{\overline{R}^*\,J^*}\,\log\,(14{,}8\,\overline{R}^*). \quad (22)$$

Ackers construiu um ábaco universal de resistência (figura 8),(1) com os eixos das abcissas e ordenadas graduadas em logaritmos de U^* e $\overline{R}^*$ A fórmula de Colebrook é representada por linhas. correspondentes a J^* constante.

No ábaco estão traçados os limites superior e inferior do regime turbulento de transição, para os quais Ackers indica as equações

$$U^* = 807 \quad \text{(limite superior)} \quad (23)$$

$$U^* = 37{,}4\,\overline{R}^*\,J^* \quad \text{(limite inferior)}.$$

Estas expressões correspondem à diferença de 1 % entre os valores da velocidade obtidos pelas fórmulas de Karman Prandtl e de Colebrook, para os mesmos valores de $\overline{R}^*$ e J^*.

Indica-se a seguir a forma como Ackers obteve a expressão indicada para o limite superior do regime turbulento da transição.

Desenvolvendo em série de Taylor o segundo termo de expressão (21),

$$\log\left(1 + \frac{4{,}6435}{\sqrt{\overline{R}^*\,J^*}}\right) = \frac{1}{2{,}303}\left(X - \frac{X^2}{2} + \frac{X^3}{3}\ldots\right)$$

em que $X = 4{,}645/\sqrt{\overline{R}^*\,J^*}$ e, considerando só o primeiro termo, resulta

$$U^* = -4\sqrt{\overline{R}^*\,J^*}\left[\log\frac{1}{14{,}8\,\overline{R}^*} + \frac{4{,}645}{2{,}303}\,\frac{1}{\sqrt{\overline{R}^*\,J^*}}\right]$$

(1) As figuras 8 e 9 são reproduzidas, com autorização de H M S O, das publicações [9] e [10].

que é equivalente a

$$U^* + 8{,}07 = 4\sqrt{\bar{R}^* J^*} \log (14{,}8\ R^*) . \quad (24)$$

A diferença de 1 % nos valores de velocidade obtidos a partir de (22) e (24) verifica-se quando for $U^* = 807$.

De $U^* = 807$ resulta que os valores da velocidade acima dos quais o regime é turbulento dependem sòmente dos valores da rugosidade absoluta: $U\,k = 807\ \nu$ e para a água a 15° C: $U\,k = 0{,}928$ (U em ms^{-1} e k em mm).

No canto inferior esquerdo do ábaco representam-se as linhas de igual valor $J^* = 4\ \frac{U^*}{\bar{R}^{*2}}$ correspondentes à secção circular totalmente cheia.

A variável caudal Q está representada no ábaco através do respectivo parâmetro Q^* que, para ser adimensional, será proporcional à expressão $\frac{Q}{k\ \nu}$. O autor afectou esta expressão

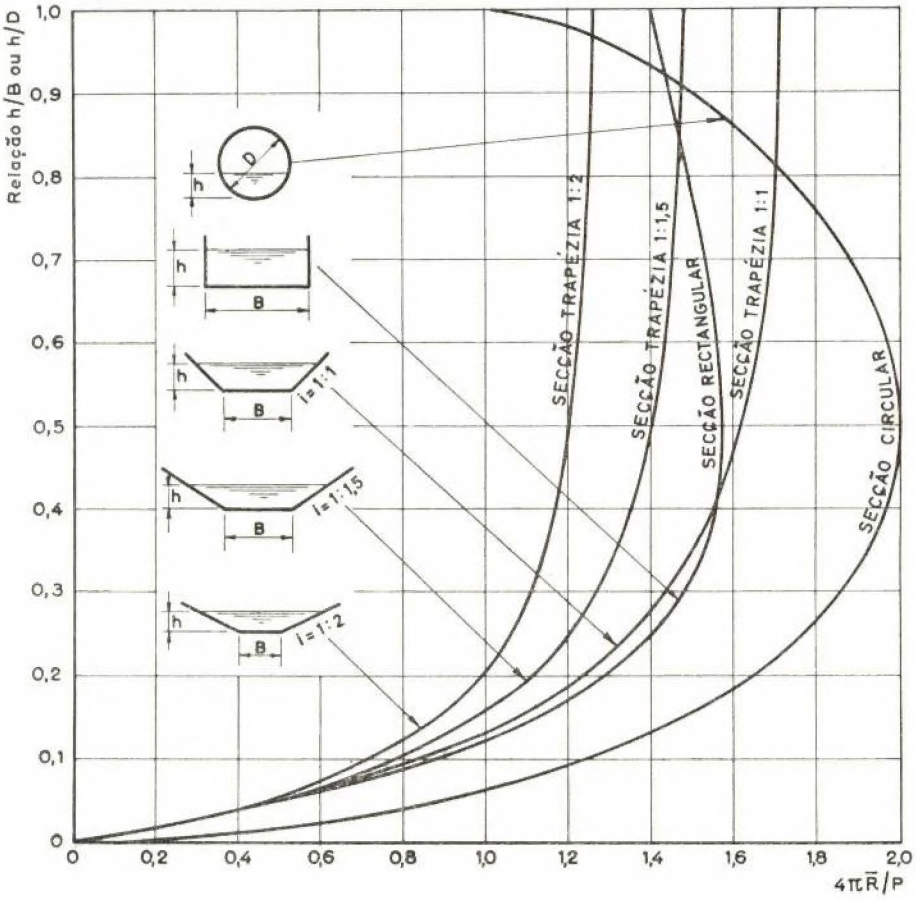


Fig. 9 — Factor $4\ \pi\ \bar{R}/P$ do parâmetro Q^* de Ackers.

O regime laminar também está representado no ábaco de Ackers. A equação da resistência para o regime laminar

$$J = N\ \frac{\mu}{\gamma}\ \frac{U}{\bar{R}^2}$$

— em que N, igual a 2 para secções circulares, toma os valores indicados em 1.6 para outras secções — transforma-se em:

$$2\ \frac{J^*}{N} = 4\ \frac{U^*}{\bar{R}^{*2}} .$$

do factor $\frac{4\ \pi\ \bar{R}}{P}$ (unitário em secções circulares) resultando

$$Q^* = \frac{4\ \pi\ \bar{R}}{P}\ \frac{1}{k\ \nu}\ Q$$

e

$$Q^* = 4\ \pi\ \bar{R}^{*2}\ U^*$$

cuja representação no ábaco é conststuída por uma família de rectas descendentes de Q^* constante.

O autor apresenta, para facilitar o cálculo do caudal em secções não circulares, um diagrama com curvas correspondentes a $\frac{4 \pi \bar{R}}{P}$ em função da relação entre a profundidade e o diâmetro (ou a largura), para secções circulares (parciais), rectangulares e trapezoidais (figura 9). Julgou-se de interesse calcular e indicar na figura 8, juntamente com o ábaco de Ackers, os valores dos restantes factores de proporcionalidade dos parâmetros para o escoamento de água à temperatura de 15° C e para vários valores de rugosidade.

O ábaco universal de Ackers permite a resolução directa do 1°, 2° e 3° problemas indicacados em 3.1; fica sem solução o problema 4°, de menor interesse prático e já resolvido directamente pelos ábacos de Moody e Rouse.

A proporcionalidade existente entre os parâmetros de Ackers e as variáveis de interesse prático, quando for $\nu =$ constante e $k =$ constante, possibilita a construção de ábacos — correspondendo cada um deles a um par de valores de k e ν — nos quais se marcam directamente aquelas variáveis. Ackers apresentou estes ábacos para o escoamento de água a 15° C, referentes a rugosidades compreendidas entre 0,00001 e 2 pés.

Para o escoamento de água a temperatura diferente de 15°, o autor indica como corrigir os valores da velocidade obtidos dos ábacos.

As grandezas dos ábacos de Ackers são expressas em unidades inglesas; a construção destes ábacos com as variáveis em unidades métricas constituiria tarefa muito útil.

Tanto o ábaco universal de resistência como os ábacos dimensionais não permitem a introdução na fórmula de Colebrook do factor correctivo p do raio hidráulico; permitem-no, porém, em relação à fórmula de Poiseuille.

3.3 — Tabelas de Schulz.

Schulz [13] elaborou tabelas para o cálculo dos escoamentos de água a 13° C, em tubagens de secção circular, nas quais se encontra o caudal Q (e a velocidade U) em função do diâmetro D e da perda de carga unitária J.

Cada tabela corresponde a uma dada rugosidade, sendo a gama de rugosidades considerada a seguinte:

0; 0,03; 0,05; 0,10; 0,40; 1,00; 1,50; 3,00 mm.

Os diâmetros indicados variam entre 15 e 2000 mm e as perdas de energia unitárias, entre 0,10 m km^{-1} e 2000 m km^{-1}.

A extensão da aplicação das tabelas aos escoamentos de fluidos de viscosidade ν diferente da da água a 13° C ($\nu_t = 1{,}206 \times 10^6 m^2 s^{-1}$) é possível, corrigindo da forma a seguir indicada os valores da velocidade U_t, caudal Q_t e perda de carga unitária J_t, constantes das tabelas:

$$\frac{Q}{Q_t} = \frac{\nu}{\nu_t}$$

$$\frac{U}{U_t} = \frac{\nu}{\nu_t}$$

$$\frac{J}{J_t} = \left(\frac{U}{U_t}\right)^2 = \left(\frac{Q}{Q_t}\right)^2 .$$

Estas expressões resultam da consideração de que são iguais os coeficientes de resistência de escoamentos de fluidos diferentes, em tubagem de igual diâmetro e rugosidade, se os números de Reynolds tiverem o mesmo valor:

$$R_e = \frac{U_t D}{\nu_t} = \frac{U D}{\nu}$$

$$f = \frac{J_t D^2}{U_t^2/2g} = \frac{J D^2}{U^2/2g} .$$

As tabelas traduzem as fórmulas de Poiseuille e de Colebrook, cobrindo o seu campo de aplicação, portanto, os regimes laminar e turbulento; são assinalados nelas os limites do regime laminar e do regime turbulento de transição.

Sòmente as colunas U, D e J são aplicáveis a secções não circulares, devendo substituir-se o diâmetro D pelo quádruplo do raio hidráulico. Na zona do regime laminar permitem entrar em consideração com efeito da forma da secção, multiplicando o valor de J nelas indicado por $\frac{N}{2}$; nas zonas dos regimes turbulentos já o não permitem, pois não possibilitam a introdução do factor correctivo p da fórmula de Colebrook.

A utilização das tabelas no cálculo de obras de derivação de aproveitamento hidroeléctrico é muito limitada em virtude do diâmetro máximo considerado ser de 2,00 m.

4 — A rugosidade em túneis.

4.1 — Atribuição da rugosidade e sua influência.

A publicação «Friction Factors for Large Conduits Flowing Full» [18] fornece uma vasta informação dos valores da rugosidade absoluta de tubagens de betão, aço e madeira, que se encontra transcrita no Manual de Hidráulica de A. Lencastre [12]. Nos números 4.2 e 4.3 completam-se os valores indicados, com outros, relativos a rugosidades de túneis revestidos e não revestidos.

de situar-se o valor da rugosidade da conduta. Poderá ajuizar-se da influência que terá no coeficiente de resistência (ou na perda de carga unitária) a atribuição de um ou outro valor de rugosidade dentro do intervalo citado através da função df f : dk/k, que, para o regime turbulento rugoso, se apresenta sob a forma

$$\frac{df}{f} : \frac{dk}{k} = 1{,}7373 \sqrt{f} = \frac{1{,}737}{2 \log 3{,}7 \dfrac{D}{k}} \, . \quad (25)$$

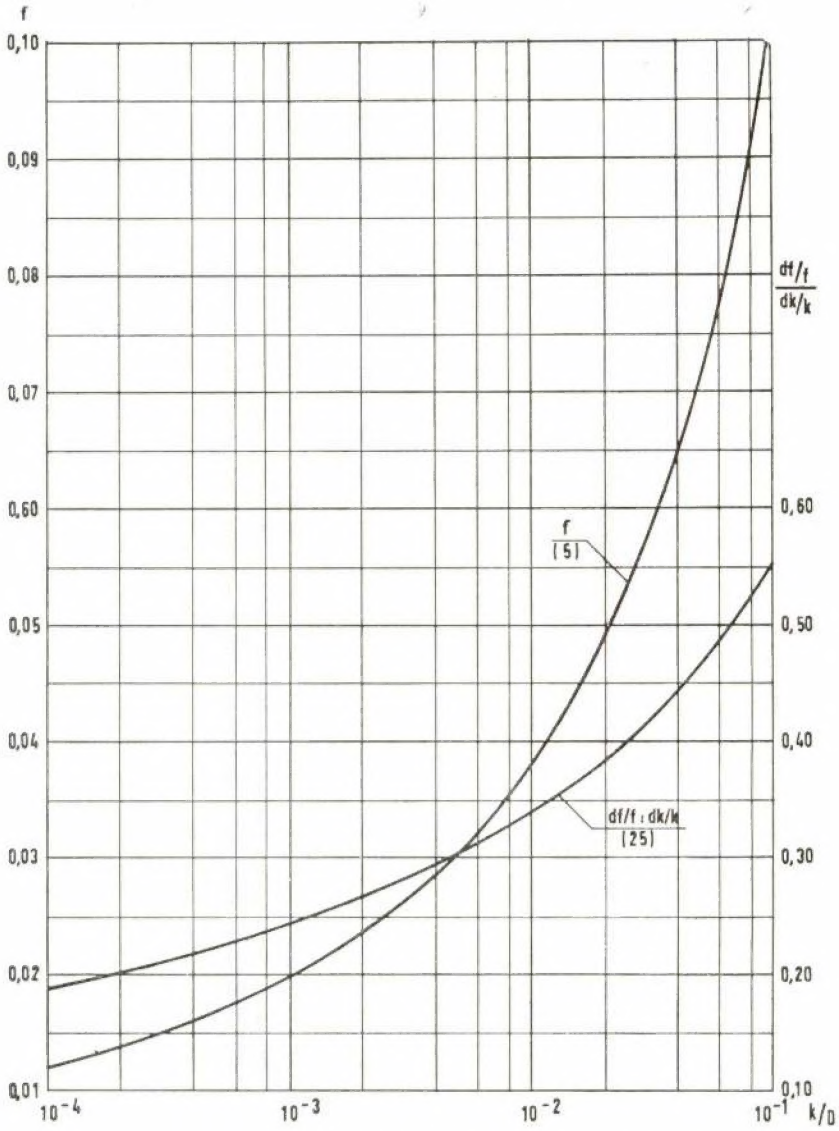


Fig. 10 — Valores de f e df/f: dk/k em função de k/D para o regime turbulento rugoso.

Ao proceder-se ao cálculo das condições de escoamento numa conduta de dado material, as indicações disponíveis àcerca dos valores da rugosidade permitem fixar um intervalo em que terá

Esta função, obtida por diferenciação da fórmula de Karman-Prandtl para o regime turbulento rugoso, está representada na figura 10, juntamente com aquela fórmula.

Convém notar que, enquanto no estudo de determinados problemas interessa considerar um valor da rugosidade absoluta intermédio do intervalo em que aquele terá de situar-se, no estudo de outros são precisamente os valores extremos desse intervalo que se deverá ter em conta.

No campo dos aproveitamentos hidráulicos, estão no primeiro caso os problemas da determinação da secção económica das derivações e da queda útil para fixação das características de turbinas (ou das alturas manométricas de bombas); estão no segundo caso, o cálculo das oscilações em chaminés de equilíbrio — em que se considerarão os extremos superior e inferior consoante a oscilação estudada — e o cálculo da capacidade de vazão, sem afogamento, da galeria de um evacuador de cheias, em que se considerará o limite superior.

4.2 — Túneis revestidos de betão.

Os escoamentos nos túneis de betão são muitas vezes, como se indicou em 2, do tipo turbulento de transição e o cálculo hidráulico correcto só pode fazer-se utilizando a fórmula de Colebrook-White (também aplicável ao regime turbulento rugoso), para o que se torna necessário prever o valor da rugosidade do túnel.

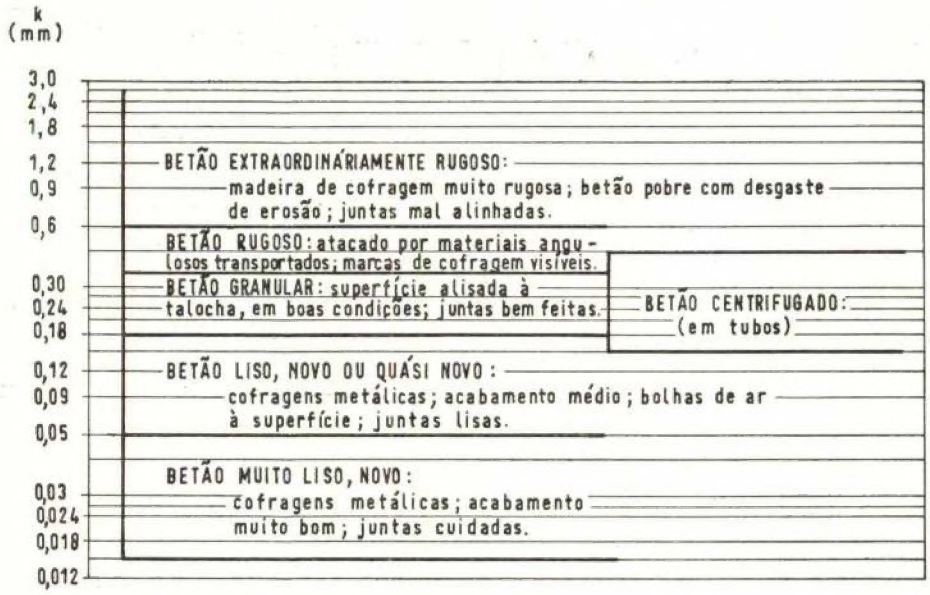
A rugosidade de túneis novos com revestimento de betão depende da natureza e qualidade do material da cofragem, das irregularidades das juntas, dos materiais constituintes, composição e métodos de colocação dos betões, e do tratamento final aplicado às superfícies.

Transcrevem-se na figura 11 as indicações mencionadas em [18] para rugosidades absolutas de condutas de betão.

Segundo Colebrook [7], a rugosidade absoluta a esperar em túneis novos, revestidos de betão, terá os valores máximo e mínimo respectivamente de 1,5 mm e 0,06 mm. Em túneis de construção moderna e cuidada em que se utilizem moldes metálicos, poderá considerar-se um valor médio da rugosidade de cerca de 0,3 mm.

Regista-se que no túnel de Ontario, em que se utilizaram cofragens metálicas e as asperezas foram esmeriladas, obteve-se uma rugosidade de 0,025 mm.

A rugosidade de túneis com revestimento de betão evolui com o tempo de serviço, devido principalmente a decomposição do betão, depo-



NOTA: PARA BETÃO CENTRIFUGADO EM TUBOS:
juntas lisas: sem correcção
juntas médias: aumentar k de 0,9 a 1,5 mm
juntas mal alinhadas: aumentar k de 1,8 a 2,7 mm

Fig. 11 — Rugosidade k em condutas de betão.

sição de lodos nas paredes e crescimento de Spongilla.

Colebrook cita, entre outros, os seguintes casos de evolução de rugosidade de túneis revestidos de betão, motivada pela acumulação de lodos.

A rugosidade absoluta do túnel de Glenlee, ao fim de 19 anos de serviço, passou de 0,59 mm a 0,69 mm. A espessura da camada de lodo turfoso depositada sobre as paredes, variando de 22 mm, a montante, a 16 mm, a jusante, era em média 30 vezes a dimensão da rugosidade absoluta. O diâmetro do túnel é de cerca de 3,35 m e a velocidade máxima do escoamento de 3,15 ms^{-1}.

A conduta de água de Denwert a Bamford, de 1,15 m de diâmetro, ao fim de 25 anos de transportar água com carregamento lodoso a uma velocidade máxima de 0,67 ms^{-1} apresentava uma rugosidade de 12,5 mm.

Os túneis revestidos de Apalachia, com 3,60 m de diâmetro, apresentavam, quando novos, rugosidade de 1,10 mm e 0,78 mm. Ao fim de 10 anos, a rugosidade baixou para 0,63 mm, sendo a espessura da camada de lodo de 16 mm. A velocidade máxima do escoamento é de cerca de 3,8 ms^{-1}.

Crê-se que nas superfícies cobertas com depósitos lodosos, o esforço cortante limita a existência de excrecências, não aumentando a rugosidade com a espessura da camada depositada, a partir de um certo valor desta.

Colebrook [8] propõe a fórmula seguinte, ainda não suficientemente comprovada, que relaciona com o esforço cortante relativo ao caudal máximo, a rugosidade máxima que pode apresentar um túnel com revestimento do betão, no qual se deposite uma camada lodosa:

$$k = 4\,\tau_0^{-1,5} \quad (k\ m;\ \tau_0\ kg\ m^{-2}).$$

4.2 — Túneis não revestidos.

Nos túneis não revestidos os escoamentos são quase exclusivamente do tipo turbulento rugoso e o cálculo das perdas de carga contínuas pode ser feito utilizando as fórmulas de Karman-Prandtl (5) ou as fórmulas empíricas (6) ou (15).

A rugosidade absoluta e o coeficiente de Strickler serão referidos ou à secção teórica de escavação de área S_t — procedimento de Colebrook em [7] — ou à secção realmente escavada de área média S — procedimento de Rahm em [20].

A rugosidade absoluta de um túnel e a sobrescavação média (diferença entre a área média realmente escavada S e a área da secção teórica S_t) dependem do efeito conjunto das características das formações geológicas atravessadas e dos métodos de escavações utilizados.

Na figura 12, indicam-se valores da *rugosidade absoluta k_t referida à secção teórica* de diversos túneis não revestidos; a figura é idêntica à que Colebrook apresenta em [7], com as grandezas expressas em unidades inglesas.

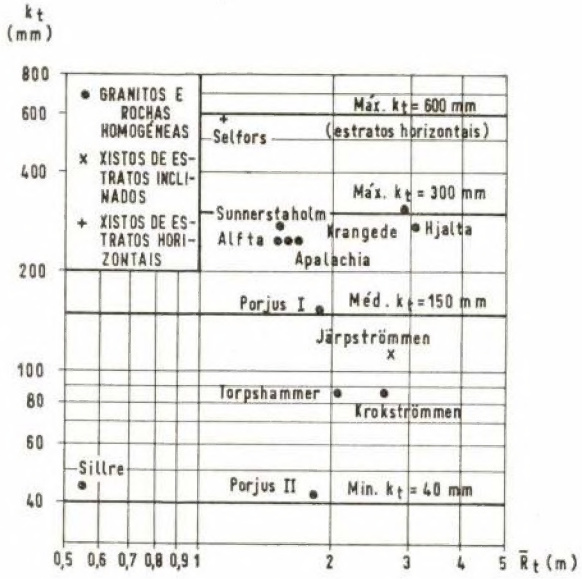


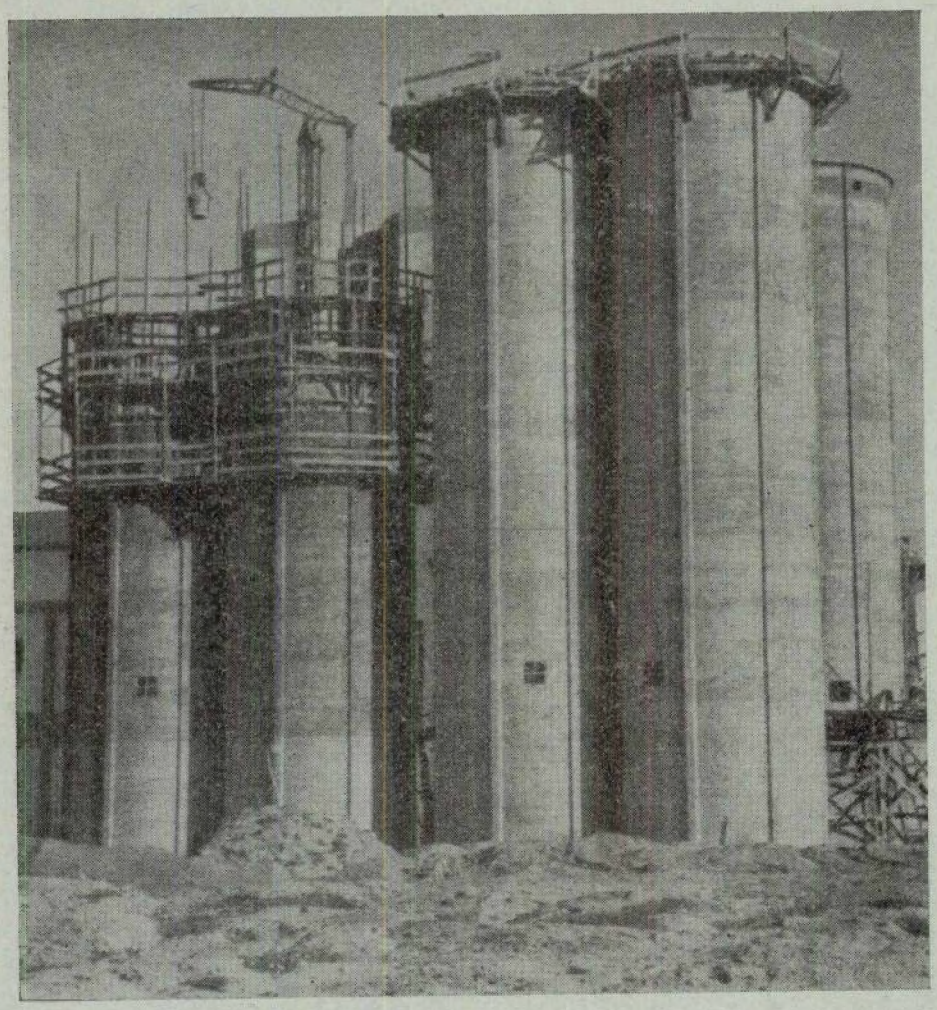
Fig. 12 — Rugosidade k_t em túneis não revestidos, referida à secção teórica.

Como conclusão do exame dos valores da rugosidade encontrados e das características geológicas das rochas dos túneis, Colebrook recomenda para o cálculo hidráulico de escoamentos em túneis abertos em granitos e outras rochas homogéneas a adopção de um intervalo de rugosidade absoluta k_t com valores extremos de 40 e 300 mm e valor médio de 150 mm. Refere poder esperar-se para túneis abertos em xistos de estratos horizontais valores de rugosidade absoluta k_t dentro do intervalo indicado para túneis em rochas homogéneas (É de 130 mm a rugosidade absoluta k_t do túnel de Järpströmmen escavado em xistos de estratos horizontais). O valor da rugosidade k_t de túneis abertos em xistos de estratos verticais ou inclinados em relação ao eixo do túnel, dando origem a uma rugosidade tipo dente de

BATERIA DE 12 SILOS

2.500.000 Kg.

para a Fábrica de Descasque de Arroz da Cooperativa T. P. A. do Vale do Sorraia



BATERIA DE 12 SILOS CILÍNDRICOS — ALTURA TOTAL: 27,60 M
Construção iniciada em 19/Mar/62 — Fot. dos 8 primeiros silos em Maio/62

PROJECTO E CONSTRUÇÃO DE

AGRO-MECÂNICA, LDA.

Rua Rodrigo da Fonseca, 62, r/c Dt.º — LISBOA 1

Licenciados em exclusivo para o emprego dos moldes deslizantes sistema
«SIEMCRETE»
Assistência técnica de SIEMENS - BAUUNION G. m. b. H. (Munique)

DEMAG

Aparelhos de elevação DEMAG

BASTA CARREGAR NO BOTÃO...

...A carga será fácilmente movimentada. O "Pequeno DEMAG", muito rápido, economiza mão de obra. Foi especialmente construído para movimentar pequenas cargas. Construção cuidada, ligeira e simultaneamente robusta.

Em todos os campos, seja na indústria, no artesanato ou no comércio, o diferencial "Pequeno DEMAG" encontra-se ao seu dispôr para lhe permitir economizar tempo e dinheiro. A sua amortização é rápida.

Peçam-nos documentação sobre o emprego do "Pequeno DEMAG".

O vosso sucesso será igualmente o nosso.

ROMAR
UMA ORGANIZAÇÃO AO SERVIÇO DA INDÚSTRIA

LISBOA
Rua da Boa Vista, 81-C - 83-E
Tel. PPC 672161/2/3/4/5

PORTO
Rua Sá da Bandeira, 589
Tel. 25871

LOURENÇO MARQUES
Av. Manuel de Arriaga, 55-1.º
Tel. 4214

LUANDA
Largo da República, 29
Tel. 4492

serra, pode alcançar 600 mm tal como acontece no túnel de Selfors.

Se para o cálculo da perda de carga contínua se considerar a *rugosidade absoluta k referida à secção realmente escavada* de área média S, terá de prever-se — além do valor de k — o valor da sobrescavação média. O raio hidráulico a considerar obter-se-á da área média S pela fórmula que relaciona o raio hidráulico e a área para a secção teórica.

Rahm indica valores da sobrescavação média, da rugosidade absoluta k e do coeficiente K de Strickler, referidos à secção realmente escavada, para túneis não revestidos.

Os túneis estudados por Rahm são pràticamente não revestidos à excepção dos de Blåsjön (cuja soleira é asfaltada), Dönje (com troços não betonados cujos comprimentos somam 7,5 % do comprimento total) e de Nissaström (com anéis de reforço de betão num comprimento de 20 %) — Quadro 2.

Na coluna 2 do Quadro 3 indicam-se os coeficientes de proporcionalidade verificados entre as perdas de carga totais medidas e os quadrados dos caudais correspondentes (regime turbulento rugoso), figurando entre parêntesis os coeficientes relativos aos túneis parcialmente revestidos: Blåsjön, Dönje e Nissaström. O valor do coeficiente de proporcionalidade referente a Harspranjet é um valor médio pois aquela proporcionalidade não foi verificada, o que se atribui a uma não muito correcta localização das secções entre as quais foi medida a perda de carga.

Para os túneis de Blåsjön e Dönje, Rahm calculou o coeficiente de proporcionalidade anterior que correspondesse à ausência total de revestimento (coluna 3). Note-se que para o túnel de Dönje o coeficiente de proporcionalidade calculado é inferior ao verificado, em consequência das perdas de carga localizadas que ocorrem à entrada e saída dos troços betonados, (nestes troços a secção é inferior, em cerca de 9 %, à secção média escavada, e a perda de carga contínua é aproximadamente igual à da dos troços não revestidos).

A partir dos valores das colunas 2 e 3 foram obtidos, utilizando a fórmula (5), os valores do coeficiente de resistência, coluna 4, e da rugosidade relativa $k/\overline{R}$, coluna 5. Nas colunas 6 e 7 indicam-se os valores da rugosidade absoluta k e do coeficiente K de Strickler (referentes à secção média escavada).

Rahm não indica os valores de rugosidade absoluta e coeficiente K da fórmula de Strickler referentes as secções teóricas, que se calcularam, e mencionaram nas colunas 9 e 10.

Para os túneis de Blåsjön, Dönje e Nissaström, os valores indicados entre parêntesis nas colunas 4, 5, 6 e 9 referem-se às perdas de carga medidas; os valores indicados, sem parêntesis para os dois primeiros túneis, nas mesmas colunas, referem se às perdas de carga obtidas por cálculo para o caso de os túneis serem completamente não revestidos.

Julga-se de interesse referir o estudo realizado por Rahm da existência de uma correlação entre o coeficiente de resistência f e a variação da secção transversal devida à não uniformidade da sobreescavação.

As conclusões do estudo permitem prever a rugosidade que apresentará um túnel, se se fizer o levantamento de secções transversais convenientemente distanciadas de um troço inicialmente escavado, e desde que se mantenham em toda a extensão do túnel as características de rocha perfurada e os processos de escavação.

Para cada um dos diferentes túneis referidos anteriormente, Rahm classificou as secções transversais por frequências, e marcou os pontos correspondentes num gráfico cujas ordenadas são as áreas das secções, e cujas abcissas, graduadas numa escala de distribuição normal de probabilidade, são as frequências. Substituiu a linha assim obtida por uma recta que passasse pelo ponto correspondente à área média e à frequência de 50 % e cuja inclinação fosse tal que resultassem iguais as somas dos desvios entre a recta e a linha, para cada lado da recta (ver figura 13 correspondente ao túnel de Dönje).

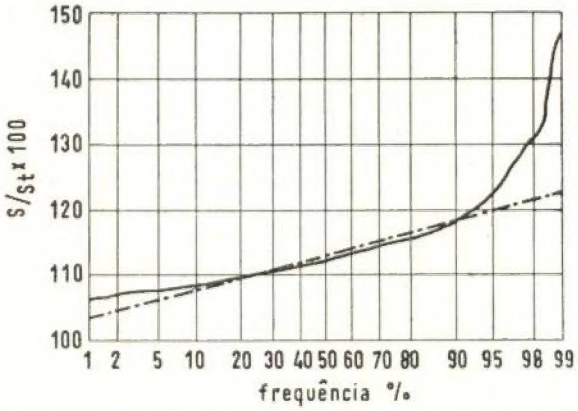


Fig. 13 — Curva de distribuição das secções transversais do túnel de Dönje.

QUADRO 2 — Túneis não revestidos ou parcialmente revestidos estudados por Rahm

Características gerais

(1) Túnel	(2) Comprimento L (m)	(2) Área da secção teórica S_t (m^2)	(3) Área real média S (m^2)	(4) Sobrescavação S/S_t (%)	(5) Raio hidráulico real $\overline{R}$ (m)	(6) Tipo de rocha	(7) Revestimento
Alfta	3025	30	33,8	12,7	1,54	Granito gneíssico	Despresável
Blasjön	5620	54	57,1	5,7	2,04	Micaxisto gneíssico	Soleira asfaltada
Dönje	4700	125	141,3	13,0	3,21	Gneisse	Revestimento de betão, em troços com comprimento total de 370 m
Harspränget	2430	190	204,0	7,4	3,85	Gneisse	Despresável
Järpströmmen	4520	105	114,3	9,8	2,88	Xistos argilosos com estratos horizontais	
Krokströmmen	2196	90	101,6	12,9	2,72	Granito	Despresável
Nissaström	1465	30	36,6	22,0	1,63	Granito gneíssico	20 % de comprimento com anéis de reforço
Porjus I	1194	50	57,4	14,8	2,09	Granito gneíssico	Despresável
Porjus II	1032	50	61,5	23,0	2,16	Granito gneíssico	Despresável
Selsfors	629	70	80,5	15,0	2,42	Xistos argilosos negros com intrusões gneíssicas	
Sillre	1829	5	6,6	32,0	0,71	Gneisse	Despresável
Sunnerstaholm	330	30	35,9	19,7	1,62	Granito gneíssico	Não considerável
Tåsan	6698	17	17,2	1,2	1,12	Gneisse	Não considerável

QUADRO 3 — Túneis não revestidos ou parcialmente revestidos estudados por Rahm

Características hidráulicas

(1) Túnel	(2) $JL:Q^2$ verificado ($10^{-6}\ m^{-5}\ s^2$)	(3) $JL:Q^2$ calculado ($10^{-6}\ m^{-5}\ s^2$)	Em relação à secção real de escavação: (4) Coeficiente de resistência f (——)	(5) Rugosidade relativa $k/\overline{R}$ (——)	(6) Rugosidade absoluta k (m)	(7) K (Strickler) ($m^{1/3}\ s^{-1}$)	(8) Variação relativa da área da secção δ (%)	Em relação à secção teórica: (9) Rugosidade absoluta k (m)	(10) K (Strickler) ($m^{1/3}\ s^{-1}$)
Alfta	1880	—	0,086	0,294	0,45	28,1	29	0,24	32,5
Blasjön	(500)	690	0,064 (0,047)	0,157 (0,074)	0,32 (0,15)	31,1	31	0,23 (0,10)	34,1
Dönje	(66)	48	0,051 (0,700)	0,091 (0,192)	0,29 (0,62)	32,3	18	0,12 (0,27)	37,9
Harspränget	10	—	0,052	0,095	0,37	31,2	24	0,22	34,2
Järpströmmen	73	—	0,048	0,098	0,22	34,0	20	0,12	38,0
Krokströmmen	48	—	0,048	0,078	0,21	34,2	17	0,08	40,1
Nissaström	(860)	—	(0,001)	(0,397)	(0,65)	—	28	(0,21)	—
Porjus I	161	—	0,073	0,210	0,44	29,0	27	0,17	35,4
Porjus II	89	—	0,055	0,110	0,24	33,2	19	0,05	44,2
Selsfors	58	—	0,114	0,491	1,19	22,7	39	0,58	27,3
Sillre	77000	—	0,112	0,404	0,29	29,4	37	0,05	43,8
Sunnerstaholm	210	—	0,104	0,418	0,68	25,4	37	0,26	32,2
Tåsan	20800	—	0,081	0,260	0,29	30,5	33	0,27	31,2

Fig. 14 — Relação entre o coeficiente de resistência f e a variação relativa da secção transversal.

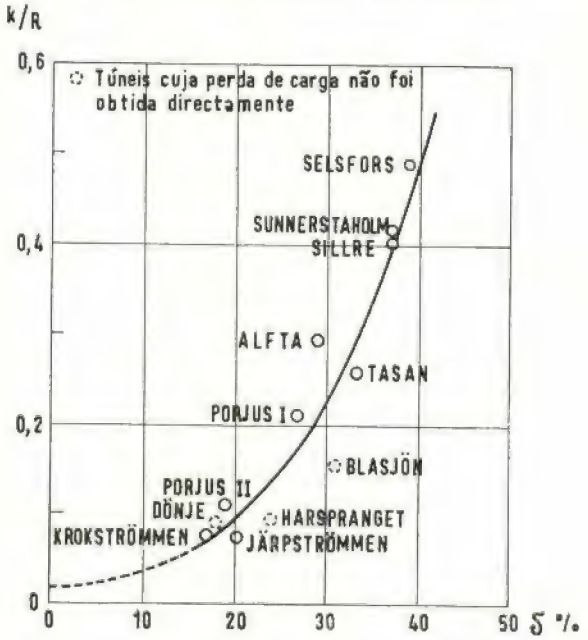


Fig. 15 — Relação entre a rugosidade relativa $k/\overline{R}$ e variação relativa da secção transversal δ.

A variação relativa δ da área transversal foi expressa por

$$\delta = \frac{S_{99} - S_1}{S_1} \times 100\ \%$$

em que S_{99} e S_1 são as áreas das secções cujas frequências regularizadas pela recta são respectivamente 99 % e 1 %.

Os valores de δ obtidos para os referentes túneis são indicados na coluna 8 do quadro 3.

Rahm obteve, com um factor de correlação de 0,96, a seguinte correlação $f = 2{,}75 \times 10^{-3}\,\delta$, que corresponderia para $\delta = 0$ a $f = 0$. Por isso, posteriormente, substituiu-a pela relação a que corresponde a curva indicada a cheio na figura 14 e cujo andamento na zona inferior, a tracejado, não está bem determinado. A esta relação entre f e δ, corresponde a relação entre rugosidade relativa $\frac{k}{\overline{R}}$ (calculada em relação ao raio hidráulico) e δ traduzida pela curva da figura 15.

BIBLIOGRAFIA E REFERÊNCIAS

[1] — H. Rouse: *Elementary Mechanics of Fluids.* — Wiley, New York 1946.

[2] — A. Schlag: *Hydraulique Générale* — Dunod, Paris 1957.

3] — A. Jorissen: *Contribution à l'étude des pertes de charge continues dans les conduits circulaires.* — Bulletin du C. E. R. E. S. Tome IV 1949, Louvain.

[4] — E. Becerril: *Hidromecanica.* — Dossat, Madrid 1960.

[5] — V. Chow: *Open-Channel Hydraulics.* — Mc Graw-Hill, New York 1959.

[6] — C. Cao: *Metodi per l'applicazione pratica della formula di Colebrook.* — L'Energia Elettrica, Julho 1961.

[7] — C. Colebrook: *The Flow of Water in Unlined, Lined and Partly Lined Rock Tunnels.* — Institution of Civil Engineers — Proc. n.º 11, 1958.

[8] — C. Colebrook: Discussão do artigo: *The Flow in Unlined, Lined and Partly Lined Rock Tunnels.* Institution of Civil Engineers — Proc. n.º 12, 1959.

[9] — P. Ackers: *Resistance of Fluids Flowing in Channels and Pipes.* — Hydraulics Research Paper n.º 1, HMSO, 1958.

[10] — P. Ackers: *Charts for the Hydraulic Design of Channels and Pipes.* — Hydralics Research Paper n.º 2, HMSO, 1958.

[11] — E. Marchi: *Il moto uniforme delle correnti liquide nei condotti chiusi e aperti.* — L'Energia Elettrica, Abril e Maio, 1961.

[12] — A. Lencastre: *Manual de Hidráulica.* — A. E. I. S. T., Lisboa 1957.

[13] — H. Schulz: *Tabellenbuch für die Berechnung von Rohrleitungen und Kanalen im Siedlungswasserbau.* — Veb Verlag Technik, Berlim 1959.

[14] — A. Thiruvengadam: *Direct Solution of Pipe-Friction Problems from the Colebrook-Wite Formula.* — Water Power, Julho 1960.

[15] — B. Sangal: *Flow Problems in Pipes.* — Water Power, Novembro 1961.

[16] — P. Lamont: *Formulae for Pipe-Line Calculations.* — International Water Supply Association, 3.º Congresso, Londres, 1955.

[17] — E. Marchi: *Sul moto uniforme nelle condotte inpressione.* — L'Energia Electtrica, Setembro 1951.

[18] — J. Bradley e L. Thompson — *Friction Factors for Large Conduits Flowing Full.* — U. S. Department of the Interior. Bureau of Reclamation. Engineering Monographs n.º 7, Março 1951.

[19] — C. Schuster e R. Dexter — *Friction Factors for Large Conduits Flowing Full.* — U. S. Departement of the Interior. Bureau of Reclamation. Progress Report 1, Março 1960.

[20] — L. Rahm: *Friction Losses in Swedisch Rock Tunnels.* — Water Power, Dezembro 1958.

AGRADECIMENTO

Deixam-se expressos os agradecimentos ao Eng.º Fernando Abecasis pelas sugestões apresentadas quando amàvelmente reviu o original destas notas.

PERDAS DE CARGA CONTÍNUAS

RUGOSIDADE DE TÚNEIS REVESTIDOS E NÃO REVESTIDOS

RESUMO

Classificam-se os diferentes tipos de escoamentos com indicação das respectivas fórmulas de cálculo, fazendo-se referência especial ao caso das secções não circulares.

Trata-se dos limites de aplicabilidade das fórmulas empíricas para o regime turbulento rugoso e da sua compatibilidade com a fórmula de Karman-Prandtl.

Relativamente à aplicação da fórmula de Colebrook-White, mencionam-se os ábacos de Moody e Rouse e apresentam-se métodos mais recentes e mais práticos: ábacos de Ackers e tabelas de Schulz.

Por último, depois de se abordar o problema da atribuição das rugosidades para o cálculo de perdas de carga contínuas em condutas em geral, indicam-se valores da rugosidade de túneis com revestimento de betão e de túneis não revestidos.

PERTES DE CHARGE PAR FROTTEMENT

RUGOSITÉ DES GALERIES REVÊTUES ET NON REVÊTUES

RÉSUMÉ

On classifie les différents régimes d'écoulement, en indiquant les formules de calcul respectives, avec référence spéciale au cas des sections non circulaires.

On annalyse les limites d'applicabilité des formules empiriques proposées pour le régime turbulent rugueux et leur compatibilité avec l'équation de Kármán-Prandtl.

En ce qui concerne l'application de la formule de Colebrook-White, on fait référence aux abaques de Moody et Rouse et on présente des méthodes plus récentes et plus commodes: ceux des abaques de Ackers et des tables de Schulz.

Finalement, aprés avoir traité le problème du choix des valeurs à attribuer à la rugosité en vue du calcul des pertes de charge, on envisage, de façon tout à fait spéciale, celui concernant les galeries revêtues de béton et non revêtues.

FRICTION HEAD LOSSES

ROUGHNESS OF LINED AND UNLINED ROCK TUNNELS

SUMMARY

The different types of flows are classified, indicating simultaneously the respective calculation formulae, with a special reference to the non-circular sections.

The application limits of the empirical formulae for the rough turbulent flow and their compatibility with the Karman-Prandtl formula are dealt with.

In connection with the application of the Colebrook-White formula, both Moody and Rouse diagrams are mentioned, as well as the more recent and practical methods, i.e. Ackers charts and Schulz tables.

Finally, after dealing with the selection of the roughness values to be used for the design of channels and pipes, roughness values are given for lined and unlined rock tunnels.

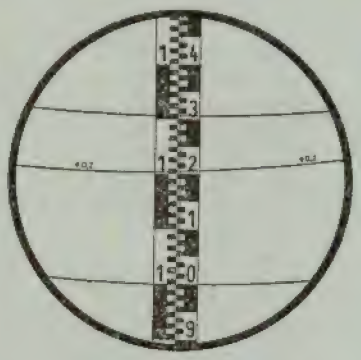
TAQUEÓMETRO AUTOREDUTOR RDS

PARA MIRA VERTICAL COM BASE EXTENSÍVEL

Especialmente apropriado para levantamentos de terrenos acidentados e com muitos detalhes

PRECISÃO DE MEDIDA

das distâncias : 10 a 20 cm em 100 m
dos desníveis : 5 a 20 cm em 100 m



RETÍCULO COM 3 CURVAS :

Inferior — Círculo de Base
Média — Traço Altimétrico
Superior — Traço Estadimétrico

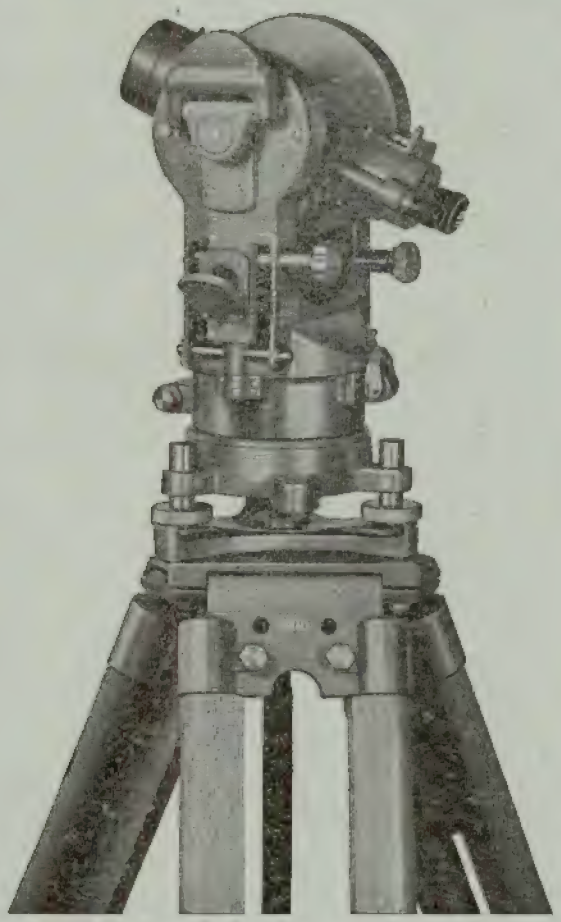


Imagem directa (não invertida) com campo da observação livre e sem obstáculos

Bengala de prumo adaptável ao tripé com escala para leitura da altura do tripé

Solicitem catálogo ou demonstração aos

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS

WILD PORTUGAL, LDA.

PRAÇA DAS ÁGUAS LIVRES, 8, S/L 6
LISBOA-2 — TELEF. 68 11 27

Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações, L.da

Associada: Empresa de Sondagens e Fundações

TEIXEIRA DUARTE, LDA.

SONDAGENS geológicas e geotécnicas — CAPTAÇÕES de águas subterrâneas — REBAIXAMENTOS do nível freático — CONSOLIDAÇÕES E ESTABILIZAÇÃO do solo — INJECÇÕES de cimento e outros produtos — INFRAESTRUTURAS de barragens, túneis e pontes — FUNDAÇÕES de todos os tipos

Única Empresa da especialidade com sede no Ultramar Português

Sede — LUANDA
Rua Serpa Pinto, 60
C. P. 2178 — Tel. 4226

LISBOA
P. da Figueira, 18, 3.º Esq.

L. MARQUES — C. P. 982
BEIRA — C. P. 1002

Cálculo de Pórticos

Método de cálculo simples e rápido, entrando em linha de conta com o deslocamento dos nós

POR *G. KANI*

Tradução do Eng.º Aníbal S. A. Vieira

Edição da TÉCNICA

PREÇO 50$00

Desconto aos Assinantes: 10 %

C. D. U. 525.828

UTILIZAÇÃO DE UM ESPECTRÓMETRO γ DE UM CANAL NA ANÁLISE QUANTITATIVA DE MISTURAS DE EMISSORES γ

POR C. LLOYD BRAGA*
E J. LOPES DA SILVA*

1 — Introdução

Na análise por radioactivação, actualmente muito utilizada em Química Analítica, a espectrometria γ desempenha um papel muito importante (1), na medida em que o poder de resolução do aparelho permite separar o pico fotoeléctrico devido aos fotões de energia E, característicos do elemento químico a dosear, dos picos fotoeléctricos devido aos fotões γ de energias $E_1, E_2, \ldots, E_n$, correspondentes aos restantes elementos químicos existentes na amostra e simultâneamente radioactivados.

Satisfeita essa condição, se E é a energia máxima do espectro, a actividade devida a estes fotões pode em geral obter-se directamente, uma vez conhecido o espectro da amostra a analisar. Porém, se tal não acontece, há que primeiramente corrigir o espectro γ da actividade devida ao efeito de Compton originada pelos fotões γ de energia $E_n > E$ (2), (3), (4), (5).

Esta correcção pode em princípio efectuar-se fàcilmente, desde que se disponha, para cada um dos emissores γ associados ao elemento a dosear, de um conjunto de espectros padrão, obtidos em idênticas condições experimentais, a partir de amostras com um mesmo peso, nas concentrações variáveis do emissor γ.

A técnica a usar será então:

a) Preparação de uma amostra da substância a analisar em idênticas condições e com o mesmo peso das amostras que serviram para obter os espectros padrão.

b) Determinação do espectro γ da amostra preparada em *a*) em condições idênticas às usadas na determinação dos espectros padrão.

c) Com base nos espectros padrão subtrai-se gràficamente ao espectro γ determinado em *b*) a actividade devida aos fotões de energia $E_n > E$, por ordem decrescente das energias E_n em jogo. Obtém-se assim um espectro γ em que a energia γ máxima é a correspondente ao elemento a dosear.

d) A partir do espectro obtido em *c*) determina-se directamente a actividade devida aos fotões γ de energia E medindo a área do respectivo pico fotoeléctrico.

e) O valor da actividade encontrado em *d*) permite calcular a concentração do elemento químico a dosear a partir de uma curva padrão «Actividade-Concentração», obtida à custa de uma colecção de amostras, cuja única actividade presente é a que interessa dosear, e cujas concentrações são conhecidas.

Essas amostras são preparadas em condições idênticas à amostra *a*), tal como acontece com a determinação dos respectivos espectros γ os quais permitem determinar directamente a área do pico fotoeléctrico correspondente a uma dada concentração.

2 — Técnica experimental

Para determinar a ordem de grandeza da precisão e sensibilidade do método indicado, em relação ao espectrómetro γ de que se dispõe, foi-se considerar o caso de misturas de Cs^{137} (E = 662 keV) e Co^{60} ($E\gamma_1 = 1{,}17$ MeV, $E\gamma_2 = 1{,}33$ MeV) nas quais o Co^{60} ocorre sempre com uma mesma concentração.

A partir de uma solução de Cs^{137} e de uma

* Assistente do I. S. T.
Assistente da C. E. E. N. Centro de Química do I. S. T.

solução de Co^{60}, de uma concentração conhecida, prepararam-se 13 soluções com as concentrações em Cs^{137} e Co^{60} indicadas no quadro I:

QUADRO I

Soluções		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M	N
Concentração	Cs^{137} $\mu c\ ml^{-1}$	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2	2,5	3	—
	Co^{60} $\mu c\ ml^{-1}$	—	—	—	—	—	—	2	2	2	2	2	2	2

Estas soluções foram preparadas diluindo pesos conhecidos das soluções padrão, não «carrier-free», a um mesmo volume constante.

A partir destas soluções prepararam-se as amostras utilizadas na determinação dos espectros γ, usando a técnica seguinte:

a) Por meio de um picnómetro construído no laboratório (6), deposita-se no centro de um porta-amostras circular em alumínio ($\phi = 22$ mm, altura $= 1$ mm) um peso tanto quanto possível constante de solução. Para as treze amostras esse peso variou entre 160,2 e 160,8 mg.

b) Evapora-se a solução numa lâmpada de infra-vermelhos e cobre-se o porta-amostras com fita gomada de espessura aproximadamente 9,4 mg cm^{-2}.

c) O porta-amostras é fixado numa prateleira de perspex e esta colocada no localizador do espectrómetro γ, de forma a garantir uma mesma geometria para as diversas amostras.

As características fundamentais do espectrómetro γ utilizado são:

a) Cristal de INa (Tl) $\phi = 2''$, h $= 2\ 1/4''$ (HARSHAW);

b) Fotomultiplicador RCA 5819, tensão de trabalho $= 1000$ volt;

c) Unidade de alta tensão estabilizada 532 D (I.D.L. Lda);

d) Cathode follower e amplificador N 568 B (EKCO, Lda):

ganho $= 286$
constante de tempo de diferenciação = constante de tempo de integração $= 1{,}6\ \mu$ seg.

e) Analisador, de um canal, e respectiva fonte de alimentação construídos no Centro de Física Nuclear de Coimbra (segundo o modelo indicado no Elmore and Sands, «Electronics»):

largura da base $= 5$–50 volt
janela utilizada $= 1$ volt

f) Contador de impulsos 1009 D (Dynatron, Ld):

tempo morto $= 5\ \mu$ seg
descriminação $= 5$ volt

Para assegurar um máximo de estabilidade e reprodutibilidade de resultados, o espectrómetro esteve permanentemente ligado à rede, e os espectros só foram determinados uma hora depois de se ligar a alta tensão e de se colocar a amostra no localizador.

As amostras A, B, C, D, E e F foram utilizadas na determinação da curva padrão «Actividade-Concentração».

A amostra N destina-se a permitir a correcção das amostras G, H, I, J, L e M a analisar.

As áreas dos picos fotoeléctricos foram medidas com um planímetro polar O TT, e os resultados apresentados são a média de 20 medidas, 10 num sentido e 10 no sentido oposto. O erro correspondente a cada medida foi determinado pelo método dos mínimos quadrados.

3 — Resultados experimentais

Os espectros γ das amostras A, B, C, D, E e F encontram-se na fig. 1. A área encerrada pelos picos fotoeléctricos da fig. 1, expressa em voltas do rolete do planímetro, encontra-se no quadro II.

QUADRO II

Amostra	A	B	C	D	E	F
Concentração $\mu c\ Cs^{137}\ ml^{-1}$	0,5	1	1,5	2	2,5	3
Áreas voltas rolete	0,017	0,033	0,055	0,073	0,084	0,104

Com base nesses valores, e atendendo que a menos uma constante de proporcionalidade a actividade devida ao efeito fotoeléctrico pode ser

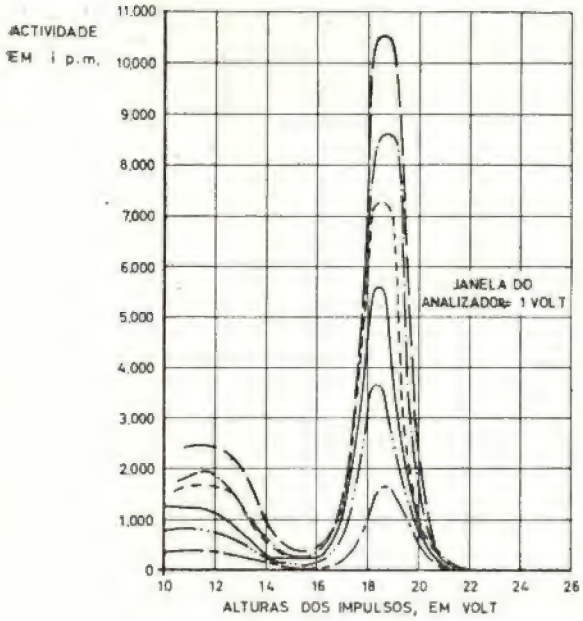


Fig. 1

expressa pelo valor da área determinada, traçou-se a curva padrão «Actividade-Concentração», usando o método dos mínimos quadrados a qual constitui a fig. 2.

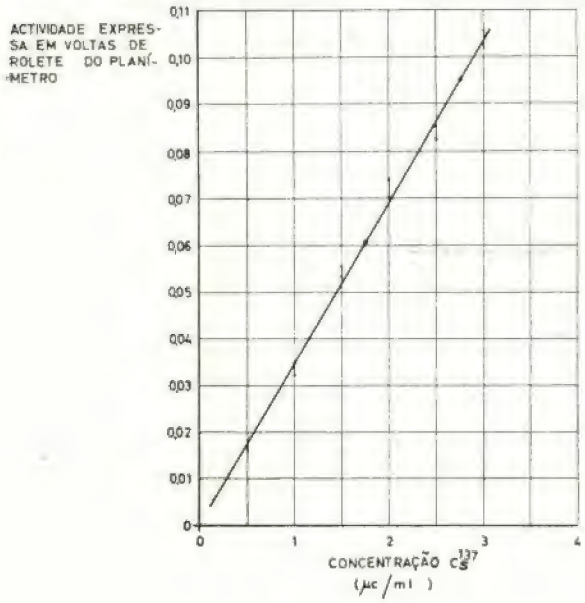


Fig. 2

Na fig. 3, apresenta-se o espectro γ das amostras J e N, e o espectro resultante quando a J se subtrai N. Obtém-se assim um espectro devido sòmente ao Cs^{137} contido na amostra J, a partir do qual se determina com o planímetro a área do pico fotoeléctrico.

Procedeu-se de maneira análoga para as amostras G, H, I, L e M e determinaram-se as áreas respectivas.

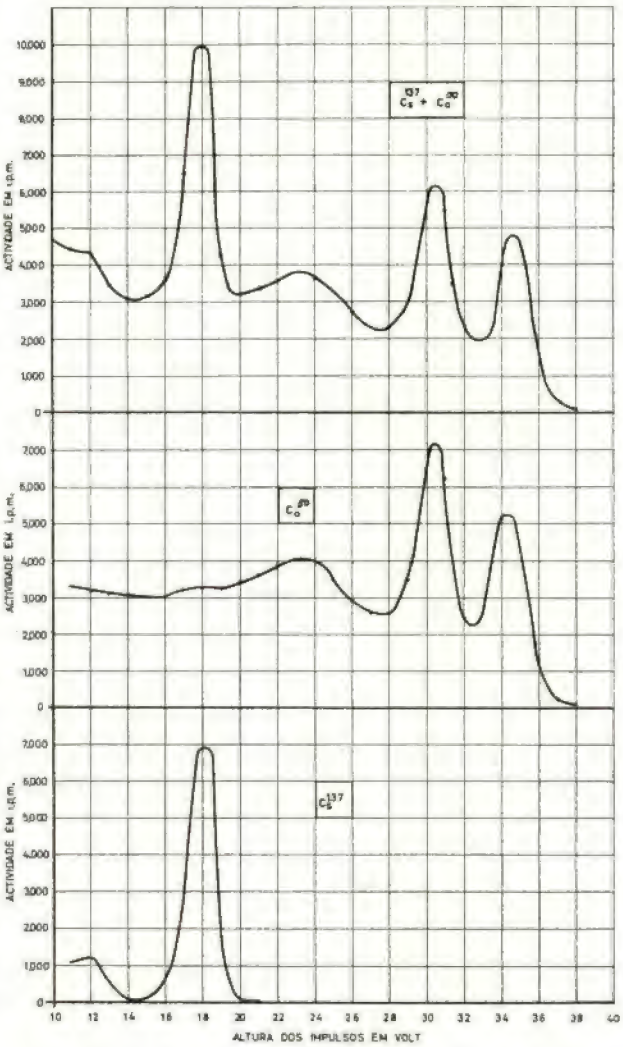


Fig. 3

No quadro III indica-se, para cada amostra, o valor dessas áreas, a concentração respectiva

QUADRO III

Amostras	Área do Pico (voltas do rolete)	Concentração em $\mu c\ ml^{-1}$ (valores teóricos)	Concentração em $\mu c\ ml^{-1}$ (valores experimentais)	Erro (%)	Razão de concentrações Cs^{137}/Co^{60}
G	0,018	0,5	0,5	0	0,25
H	0,034	1	0,98	— 2,5	0.5
I	0,054	1,5	1,55	+ 3,3	0,75
J	0,072	2	2,05	+ 2,5	1
L	0,084	2,5	2,43	— 3	1,25
M	0,101	3	2,95	— 1,66	1,5

de acordo com a curva padrão, assim como o valor real da concentração.

4 — Conclusões

Em relação ao espectrómetro γ de que se dispõe, com poder de resolução da ordem de 8 % para o Cs^{137}, e para a mistura utilizada, a precisão na análise quantitativa é da ordem de 3 %.

No que respeita à sensibilidade, verifica-se que a precisão de 3 % é ainda fàcilmente atingível mesmo quando a actividade contaminante é da ordem de 4 vezes a actividade a dosear.

Embora estes resultados possam ser diferentes para outras misturas, eles permitem ajuizar da potencialidade da instalação na análise de espectros γ complexos.

Assim, sendo E a energia dos fotões γ correspondente ao nuclido que interessa analisar, e desde que não existam fotões γ contaminantes cuja energia se situe no intervalo $E_n = E \pm 0{,}92\,E$, é de prever que se possa efectuar a análise quantitativa com uma precisão melhor que 5 %, mesmo que a actividade contaminante seja pelo menos quatro a cinco vezes superior à actividade que interessa medir.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) — Crouthamel, C. E. — «Applied Gamma-Ray Spectrometry» Pergamon Press.

(2) — Heath, R. L. — Scintilation Spectrometry Gamma-Ray Spectrum Catalogue.

(3) — Putman, J. L. e Taylor, W. H. — «On the subtraction of gamma-ray spectra as a tool in radioactivation analysis» Journ. Appl. Rad. Isot. vol. I, n.º 4, pág. 315.

(4) — Cowell, D. F. — «Determination of Gamma-Ray abundance directly from the total absorption peak». Analy. Chem , vol. 31, n.º 11 (1959).

(5) — Elleman, T. S. et al. — «A Technique for the resolution of complex Gamma Spectra u-ing a single-channel Gamma-Ray spectrometer». Jour. Appl. Rad. Isot., vol. 12, n.º 314, pág. 142 (1961).

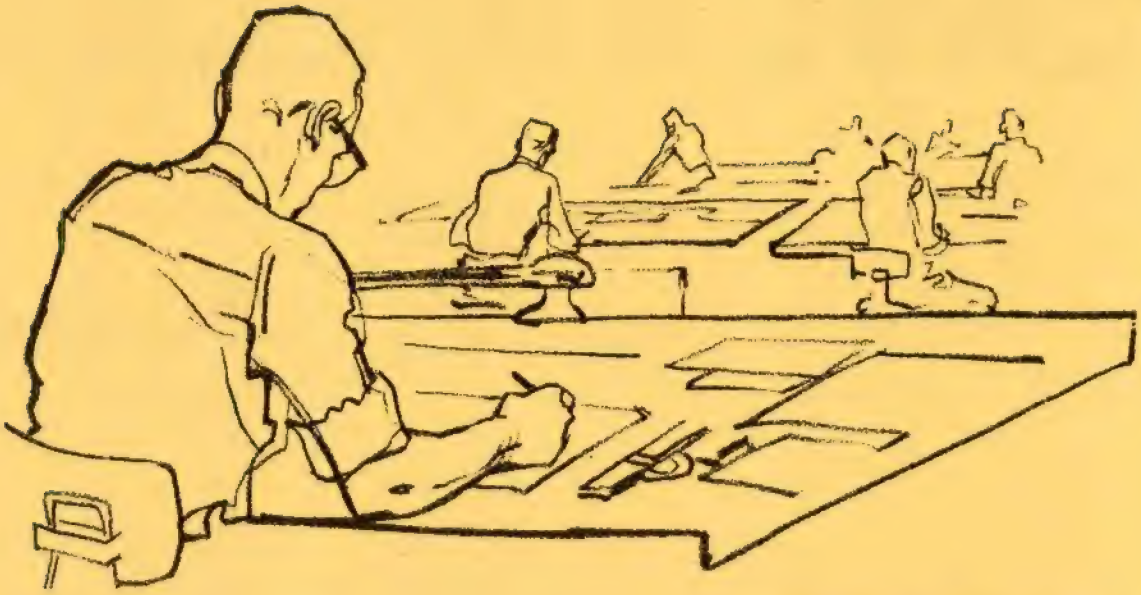
(6) — Braga, C. L. — «Produção de I^{131} Carrier-free». Exame final de curso, I. S. T., Agosto 1962.

UTILIZATION OF A ONE-CANAL γ SPECTROMETER IN THE QUANTITATIVE ANALYSIS OF MIXTURES OF γ SENDERS

Superfícies de Influência para os Momentos Flectores de Lajes de Viés

A Technischen Hochschule, München, acaba de editar a obra «Einflussfelder der Momente schiefwinkliger Platten» da autoria do Prof. Dr. Ing. Hubert Rüsch e Dipl — Ing. Arnfrid Hergenröder, em que se apresenta grande número de resultados de ensaios em modelos realizados no Departamento de Ensaios de Materiais de Construção daquela universidade alemã.

Estuda, de uma maneira particular o caso das lajes enviezadas usadas na construção de pontes de estrada, problema que só há pouco tempo se põe, visto que o método de fazer o traçado da estrada depois de calculadas as pontes necessárias, foi substituído por outro em que se faz o traçado completo e só no fim se calculam as pontes.



CATERPILLAR* + STET

O BINÓMIO MAIS VANTAJOSO PARA QUALQUER PROBLEMA DE MOVIMENTAÇÃO DE TERRAS

CATERPILLAR* O fabricante mais especializado, em todo o mundo, de tractores de rasto e de rodas, pás mecânicas de rasto e rodas (traxcavators*), motoniveladoras, moto-scrapers, escarificadores, "bulldozers", motores industriais e marítimos, grupos electrogéneos.

STET

SOCIEDADE TECNICA DE EQUIPAMENTOS E TRACTORES, L.DA

DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO EM PORTUGAL CONTINENTAL, ILHAS ADJACENTES, CABO VERDE E GUINÉ

ASSISTÊNCIA – REPARAÇÕES – PEÇAS GENUÍNAS

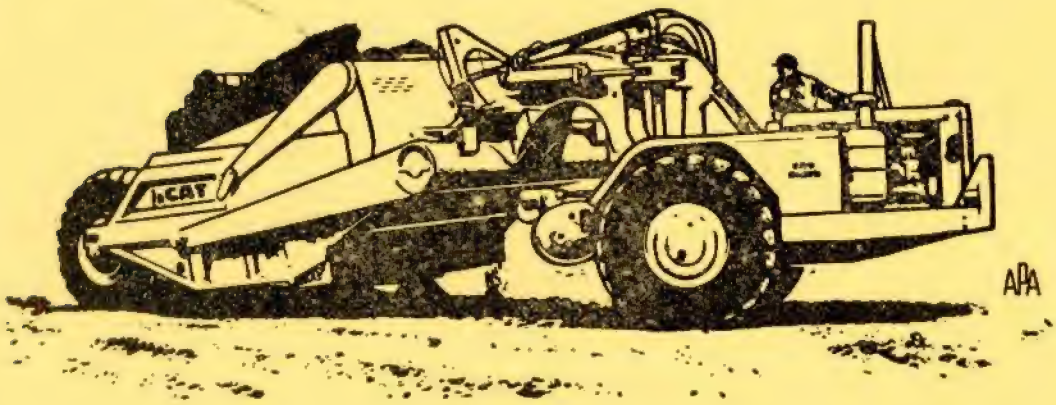
SEDE PROVISÓRIA:
AVENIDA MADRID, 3-B – LISBOA 1
TELEFS.: 724053 (PPC/A), 710620 – TELEGS: «STETRA»

* «CATERPILLAR» E «TRAXCAVATOR» SAO MARCAS REGISTADAS DE CATERPILLAR TRACTOR CO. – PEORIA, ILLINOIS – E. U. A

CATERPILLAR*

apresenta

OS NOVOS MOTO-SCRAPERS



619, 630 e 631

EQUIPADOS COM CAIXA DE VELOCIDADES
SERVO-COMANDADA SISTEMA "POWER SHIFT"

	POTÊNCIA	CAPACIDADE
619	280 HP	14 m3
630	420 HP	27 m3
631	420 HP	22 m3

DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO EM PORTUGAL CONTINENTAL, ILHAS AJACENTES, CABO VERDE E GUINÉ

STET

SOCIEDADE TECNICA DE EQUIPAMENTOS E TRACTORES, L.DA

SEDE PROVISÓRIA: AV. DE MADRID, 3-B — LISBOA 1

TELEFS. 72 40 53 (PPC/A) 71 06 20 — TELEG «STETRA»

*«CATERPILLAR» É MARCA REGISTADA DE CATERPILLAR TRACTOR, CO. - PEORIA, ILLINOIS - E. U. A.

C. D. U. 663.63

Aspectos recentes do problema da potabilização das águas salobras e da água do mar

PELO ENG.º QUÍMICO-INDUSTRIAL (I. S. T.) MANUEL FARINHA PORTELA

INTRODUÇÃO

Vem despertando um grande interesse, de há uns 10 anos a esta parte, o problema da conversão das águas salobras e da água do mar em água susceptível de ser utilizada para fins industriais e públicos.

A questão não é nova, porque desde o século passado, que se vêm construindo instalações de conversão de água salgada em água doce com vista a proporcionar maior autonomia aos navios, evitando as escalas apenas provocadas pela necessidade de refazer o aprovisionamento de água. Embora o custo da água obtida fosse elevado, esse custo era, contudo, bem compensado pelas economias de tempo e combustível, que resultavam de um encurtamento de rotas, e de despesas de estacionamento nos portos.

A importância crescente do petróleo conduziu à exploração de jazigos situados em zonas de grande escassez de água. As necessidades de água dessa exploração industrial e dos aglomerados humanos que lhe serviam de suporte, e o baixo custo do combustível no local de exploração, levantaram o problema da construção das primeiras grandes instalações em terra.

A conversão de águas não potáveis apresentou-se assim de início como a solução mais económica para resolver as necessidades da água em certos casos particulares muito específicos.

A procura crescente de água provocada pelo ritmo crescente de industrialização, pelo aumento de nível de vida das populações, pelo crescimento da população do globo a obrigar ao alargamento da área de cultivo; o aumento de custo da água obtida através de novas fontes de abastecimento do tipo clássico, visto as fontes mais económicas se encontrarem já exploradas, fez com que o problema da conversão das águas não potáveis se tivesse posto ùltimamente com uma base muito mais larga.

Assim o Congresso dos Estados Unidos, que em 1952 ao aprovar o Saline Walter Act autorizara um dispêndio de 2 milhões de dollars para um programa de pesquisas de 5 anos, aumentou em 1955 a autorização para 10 milhões e votou em 1961 cerca de 75 milhões para pesquisa e desenvolvimento sobre o mesmo assunto. O valor desta última verba, aproximadamente 2.150.000 contos, demonstra bem o interesse que o assunto merece às autoridades americanas.

Converter água salobra ou do mar em água doce é relativamente simples. Realizar essa operação de modo a obter-se um custo de água aceitável é que é difícil. E o problema é tão difícil que, embora se busque a sua solução na investigação científica e técnica de mais de uma dezena de processos, se admite que os métodos mais económicos de conversão podem ainda não ter sido descobertos e que a base de um programa efectivo é uma pesquisa fundamental contínua.

Contudo largos passos se deram já neste campo, de tal modo que nesta última década se conseguiu a redução do custo de água obtida por conversão de 30$00/m^3 para 7$50 m^3. Admite-se contudo que as reduções ulteriores de 1$00/m^3 serão tão difíceis como no passado o foram as reduções de 10$00/m^3.

PROCESSOS EM ESCALA INDUSTRIAL

Os cinco processos mais prometedores, que foram ou estão para ser ensaiados em escala industrial são: destilação por múltiplo efeito em evaporadores de tubos compridos verticais, destilação por «flash» em várias fases, destilação com compressão de vapor e circulação forçada, congelação e electrodiálise.

Nos quatro primeiros processos o custo da conversão não é sensìvelmente afectado pelo teor de sais da água a converter. No último a concen-

tração de sais é uma das variáveis preponderantes do custo, o que o aconselha a ser utilizado principalmente para a conversão de águas salobras de baixa salinidade.

1 — Destilação por múltiplo efeito em evaporadores de tubos

O processo de destilação por múltiplo efeito em evaporadores de tubos compridos verticais é o que foi posto em prática há mais tempo e que goza por conseguinte de maior experiência acumulada. Sob o ponto de vista de economia calorífica conviria aumentar o mais possível o número de efeitos, mas os encargos de capital resultantes proíbem que se possa ir além de determinado limite. É interessante contudo notar que a unidade recentemente instalada em Freeport nos Estados Unidos, para a produção de 1.000.000 de galões/dia de água potável por conversão de água do mar, tem 12 efeitos. O custo da água produzida por esta instalação é da ordem de U. S. $1,00 — 1,25 dólares por 1.000 galões.

Pensa-se que este processo só pode ser interessante para instalações muito grandes.

As pesquisas com vista à melhoria do processo concentram-se actualmente no combate às incrustações e corrosões e em tentativas para melhoria dos coeficientes de transmissão de calor. O coeficiente de transmissão total, que nos sistemas actuais anda à volta de 600 B.T.U/h pé quadrado °F, se conseguisse ser passado para 2.000 — 3.000, o que parece não ser impossível, seriam reduzidos significativamente os custos totais da instalação e consequentemente o custo da água convertida.

Uma das instalações deste tipo ùltimamente construída é alimentada com água salgada com 35.000 ppm de sais, produz água doce com 5-25 ppm de sólidos dissolvidos, o resíduo rejeitado tem 100.000-140.000-ppm e a relação quantidade de água produzida/quantidade da vapor consumido é de 9,5.

2 — Destilação por «flash» em fases múltiplas

Neste processo a água salina a converter é aquecida a uma temperatura da ordem dos 95° C e feita passar por câmaras em série com vácuos sucessivamente crescentes. Em cada uma delas se evapora por «flash» uma certa quantidade de água que é condensada.

As potencialidades deste processo começaram a ser exploradas algumas dezenas de anos atrás. Contudo verificou-se que o aquecimento sem ebulição não evitava a formação de incrustações e a evaporação por «flash» dava lugar ao arrastamento de água bruta, que contaminava o destilado. Este processo voltou a despertar interesse quando se verificou por análise termodinâmica que, enquanto nos sistemas de destilação por múltiplo efeito em evaporadores de tubos submersos a relação do destilado/vapor de aquecimento aumenta com o número de efeitos, na destilação por «flash» ela não depende do número de fases. Por aumento de fases consegue-se, para uma dada relação destilado/vapor de aquecimento, a redução da superfície de aquecimento necessária. Como o aumento de fases não acarreta um aumento de custo muito apreciável, comparado com a redução muito sensível do custo da superfície de aquecimento, consegue-se assim trabalhar com altos rendimentos térmicos sem custos muito exagerados de instalação.

Foi recentemente construída uma instalação deste tipo em S. Diego, na Califórnia, para uma capacidade de produção de 1.000.000 de galões por dia, usando água do mar com 35.000 ppm de sólidos dissolvidos, que produz um destilado com a salinidade máxima de 55 ppm. O efluente sai aproximadamente com 70.000 ppm. O número de fases é de 36. Na Europa existe uma instalação deste tipo na ilha de Guernsey. Os esforços para aperfeiçoamento deste processo concentram-se actualmente também no combate à corrosão e às incrustações.

Este processo é particularmente indicado para grandes instalações.

3 — Destilação com compressão de vapor e circulação forçada

O processo baseia-se na utilização do próprio vapor formado, cuja temperatura foi aumentada por compressão, para fornecer o calor necessário à evaporação. A circulação da água sobre a superfície de aquecimento do evaporador é melhorada por uma bomba. Exige-se apenas a queima de combustível para o arranque. Depois disso a maior parte da energia consumida pelo sistema é eléctrica, se for essa a energia de accionamento do compressor. Consumos de energia da ordem dos 20-30 Kwh/m³ de água obtida são considerados normais.

Podem utilizar-se sistemas com vários efeitos, e então o vapor do último efeito é comprimido e usado como meio de aquecimento no primeiro evaporador. Este processo é mais adaptável que os anteriores para instalações médias e pequenas.

Os grandes problemas que se defrontam neste tipo de processo são os mesmos que se encontram nos outros tipos de destilação, a saber: melhoria dos coeficientes globais de transmissão de calor e combate às corrosões e incrustações. É nestes campos que os esforços dos investigadores se concentram actualmente.

4 — Congelação

Trata-se de um dos processos mais recentes e mais prometedores.

Quando a água salgada é parcialmente congelada de modo que a solução residual contenha menos de 23 % de sal, os cristais de gelo formados não contêm sal, de acordo com o diagrama de fases. Fazendo-se a separação desses cristais das águas-mãe e fundindo-os obtém-se assim água doce.

O processo oferece especial atracção pelo facto do calor latente de fusão da água ser da ordem das 80 Cal/Kg, enquanto que o calor de vaporização é da ordem das 650 Cal/Kg. É assim necessária menos energia para congelar a água que para a vaporizar, embora o custo por caloria na refrigeração seja mais alto que no aquecimento.

Estão sendo investigados dois processos, ambos baseados em congelação directa, pois se verificou logo no início do estudo do processo que a produção de grandes quantidades de gelo a partir de água do mar sobre uma superfície, do outro lado da qual passaria um fluido refrigerante, não era prática. Assim, nesses dois processos de congelação a transmissão de calor não é realizada através de superfícies metálicas mas directamente.

Num dos processos a congelação é feita por evaporação «flash» da água do mar sob vácuo. No outro utiliza-se um refrigerante auxiliar, normalmente butano ou isobutano, que é imiscível na água e, vaporizando-se ao passar através dela, realiza a sua congelação parcial.

A escolha destes dois refrigerantes compreende-se por eles terem, para pressões próximas da atmosférica, temperaturas de ebulição ligeiramente abaixo da temperatura de congelação da água.

O grande problema a resolver neste processo é o da lavagem dos cristais de gelo para lhes retirar a água-mãe arrastada. Já foram ensaiadas muitas técnicas e conseguiu-se ùltimamente, por lavagem em contra corrente em colunas, produzir água com uma salinidade abaixo de 500 ppm, usando na lavagem menos de 5 % da água produzida.

O processo de congelação encontra-se ainda na fase das instalações piloto. Planeia-se contudo nos Estados Unidos uma instalação para a produção de 250.000 galões/dia de água. As perspectivas económicas para o processo são bastante favoráveis e as temperaturas baixas de trabalho, por outro lado, não levantam tão grandes problemas de corrosão e incrustações como sucede nos processos de destilação.

5 — Electrodiálise

Este processo tem o seu fundamento na selectividade de membranas à passagem de iões de determinada carga. Faz-se passar num dispositivo formado por membranas alternadamente do tipo aniónico e catiónico uma corrente eléctrica. Em certos compartimentos formados pelas membranas os aniões orientados pela corrente eléctrica passam através da membrana aniónica e os catiões através da membrana catiónica ficando assim a água que flui nesse compartimento desmineralizada. Nos compartimentos alternados a água fica mais fortemente mineralizada, visto que recolheu os aniões e catiões dos compartimentos adjacentes.

Òbviamente que o consumo de energia eléctrica é proporcional à quantidade de sais removidos e, por conseguinte, o processo será mais económico para a conversão de águas salobras, que para a conversão de água do mar.

Existem já numerosas instalações deste tipo espalhadas pelo globo, desde a instalação com capacidade de 3.000.000 de galões por dia montada na Africa do Sul para desmineralização de água de minas de ouro, até pequenas unidades para uso doméstico.

Os problemas que os investigadores atacam para se poder tirar o máximo partido das potencialidades do processo, são a produção de membranas mais perfeitas e o projecto de células mais eficientes. Se o custo das membranas e do equipamento poder ser suficientemente reduzido, nada

obsta a que o processo possa ser econòmicamente empregue para desmineralização da água do mar.

* * *

Estes são actualmente os cinco processos mais prometedores para uma conversão económica de água salobra ou do mar em água doce. Passaram há muito, ou estão para passar, da fase de instalações piloto para a de grandes unidades. Nenhum dos processos atrás sumàriamente descritos tem vantagem absoluta sobre os outros. A escolha do processo óptimo, para um caso determinado, depende do salinidade da água, custos de energia e combustível, grandeza da instalação, condições de tempo no local e facilidades sobre esgotos. Faz-se notar a grande vantagem que advém para os processos de destilação múltipla quando há possibilidade de os associar a centrais produtoras de energia. Vapor utilizado pelas turbinas pode ser usado como fonte de calor da instalação de destilação de água, diminuindo enormemente os gastos directos.

NOVOS PROCESSOS EM ESTUDO

Como acima se disse, existe a convicção de que o método mais económico de conversão de águas salinas em água susceptível de ser usada para fins públicos e industriais pode ainda não ter sido descoberto. Essa convicção determina o estudo laboratorial e em instalações piloto de um grande número de processos, de que vamos apresentar resumo dos principais.

6 — Desmineralização por formação de hidrato

Certas substâncias têm a propriedade de se associar com a água para formarem hidratos sólidos. Essa formação pode realizar-se no seio de meios salinos, sem interferência dos sais dissolvidos. Certos hidratos, por sua vez, decompõem-se por acção da temperatura em água e agente hidratante imiscível na água e que se separa dela, por conseguinte, com facilidade.

As possibilidades deste processo vêm apenas sendo exploradas há dois anos, e os resultados conseguidos até hoje são muito animadores.

Foi ensaiada uma gama muito grande de agentes hidratantes com vista à selecção dos mais apropriados. Investigações realizadas para a selecção de agentes hidratantes inorgânicos levaram ao desvio das atenções destes compostos e à concentração de esforços nos agentes hidratantes orgânicos. Destes os mais promissores são o CH_3Cl, CH_3CHF_2, CH_2ClF, GH_3Br, CH_3CClF_2, CCl_2F_2, $CClF_2Br$, CHF_2Br, $CHCl_2F$ e C_2H_4. As pesquisas concentram-se na determinação das propriedades termodinâmicas dos hidratos e em estudos cinéticos sobre a velocidade de formação e de hidrólise dos hidratos.

Estes estudos permitiram já chegar à conclusão que os consumos de energia neste processo variarão entre 18 e 23 Kwh por 1000 galões americanos. Está a ser projectada nos Estados Unidos uma instalação piloto, que usará o propano como agente hidratante, com a capacidade de 10.000 galões americanos por dia de água.

7 — Desmineralização por extracção com solventes

Certos solventes ou misturas de solventes têm a propriedade de extrair a água de soluções salinas, com as quais são imiscíveis, libertando depois essa água livre de sais com um pequeno aumento de temperatura. O processo parece oferecer vantagens na purificação de certos tipos de águas salobras.

A mistura de trietilamina e metildietilamina parece ser o sistema solvente com mais vantagens descoberto até hoje. Está em projecto uma instalação piloto com a capacidade de 2.000 galões por dia nos Estados Unidos.

8 — Desmineralização com eléctrodos de carbono de grande superfície

A adsorpção elèctricamente induzida, a voltagem muito baixa, dos iões sobre eléctrodos de carbono de grande superfície serve de base a um processo em estudo para a desmineralização de águas salinas. Cálculos feitos, usando os elementos colhidos até agora na experimentação realizada, levam a crer que o processo será competitivo. Está prevista, além disso, a introdução de melhorias, que obterão para o processo ainda melhor posição.

9 — Desmineralização por osmose

A diferença de concentração entre a água salina e a água desmineralizada constitui a

«driving force» da desmineralização. Cálculos do custo de desmineralização por este processo parecem indicar que só em casos muito especiais ele poderá competir com o processo por electrodiálise. Quaisquer melhorias terão de ser procuradas através do fabrico de membranas mais resistentes e com melhores propriedades electroquímicas.

10 — Desmineralização por destilação solar

Este processo, que tem o atractivo de usar a energia solar, que nada custa, tem o inconveniente de necessitar de grandes áreas para a sua instalação, do custo das instalações ser elevado, e de dar lugar a elevadas despesas de manutenção. E os encargos de capital e despesas de manutenção são de tal ordem, que não permitem ao processo concorrer com os outros.

Baseados na circunstância de que apenas 32 % da radiação solar é aproveitada na evaporação, estão decorrendo investigações para melhorar o aproveitamento da energia solar. Para uma dada capacidade de produção, isso conduzirá a instalações ocupando menos espaço, menos onerosas e com menores despesas de manutenção.

* * *

Além das pesquisas atrás relatadas, outras decorrem com vista ao estudo das possibilidades do emprego de combustíveis nucleares acoplados a sistemas clássicos de destilação, à exploração da difusão capilar como meio de desmineralização, à regeneração electrolítica de resinas permutadoras especiais, ao uso de vibrações para melhorar a transmissão de calor e reduzir as incrustações, à produção de membranas permeáveis à água e não permeáveis aos sais, ao efeito de campos electrostácticos na superfície de separação água/ar, etc., etc.

BIBLIOGRAFIA

Gilliland — Fresh water for the future — Industrial and Engineering Chemistry — December, 1955.

Strobel — Saline water conversion today — Chemical Engineering Progress — January, 1961.

Karnofsky — Saline water conversion by freezing with hydrocarbons — Chemical Engineering Progress — January, 1961.

Othmer — Vapor reheat flash evaporation — Chemical Engineering Progress — January, 1961.

Standiford — Stop scale in sea water evaporators — Chemical Engineering Progress — January, 1961.

Clark — Saline water conversion by multiple-effect rotating evaporator — Chemical Engineering Progress — January, 1961.

Cohan — Electrodialysis - Equipments and membranes — Chemical Engineering Progress — February, 1961.

OSW - Saline water conversion report, 1961.

MacGowan - The saline water conversion program — Journal of New England Water Works Association, March, 1962.

Lamb — Economic aspects of saline water conversion — J. A. W. W. A. - July, 1962.

C. D. U. 621.311.5/91

Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional

— Elementos extraídos das estatísticas mensais do Repartidor Nacional de Cargas (R. N. C.)

NOTA: *As produções e os consumos das empresas do R. N. C. representam cerca de 94 % dos totais do País.*

I — Breve nota mensal

No aspecto hidrológico, o mês de Setembro apresentou-se, no conjunto, sensivelmente médio.

II — Elementos gerais (GWh)

a) Mensais

	1961	1962	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	266,9	253,6	— 5
Produção térmica (P_t)	0,0	26,1	—
Produção total (P_T)	266,9	279,7	+ 5
Exportações (Ex)	0,0	0,0	0
Importações (I)	0,0	0,0	0
Produção para consumos não perman. (P_{cnp}) . .	51,6	42,9	— 17
Produção para consumos permanentes (P_{cp}) (1)	215,3	236,8	+10,0 (2)

b) Acumulados desde 1 de Janeiro (GWh)

	1961	1962	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	2436,0	2663,9	+ 9
Produção térmica (P_t)	43,4	55,6	+ 28
Produção total (P_T)	2479,4	2719,5	+ 10
Exportações (Ex)	0,2	0,0	— 100
Importações (I)	0,2	0,6	+ 200
Produção para consumo não perman. (P_{cnp}) . .	546,0	559,4	+ 2
Produção para consumos permanentes (P_{cp}) (1)	1933,4	2160,7	+11,8 (2)

NOTAS:

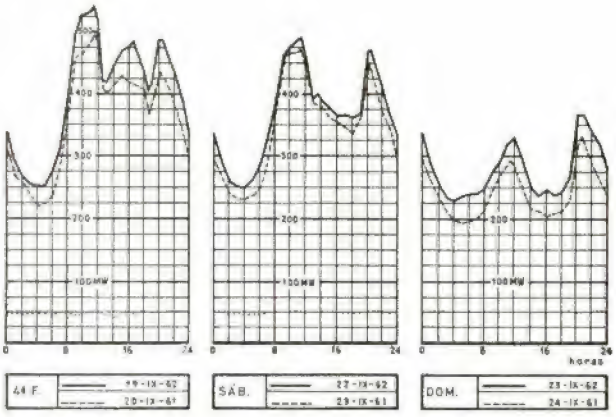
(1) A produção para consumos permanentes (P_{CP}) é determinada pela seguinte expressão: $P_{CP} = P_T - P_{cnp} + 1 - E_X$

(2) O aumento percentual de produção para consumos permanentes, tendo em conta a incidência dos domingos e dias especiais, é de 11,6 %.

III — Diagramas de carga dos dias característicos

	4.ª feira: 20-9-961	19-9-962
Produção hidráulica (P_h) — MWh	9908	8751
Produção térmica (P_t) — MWh . .	0	1047
Produção total (P_T) — MWh . . .	9908	9798
Trocas com Espanha { Exportações MWh .	0	0
Trocas com Espanha { Importações MWh .	0	0
Produção para consumos não permanentes — MWh.	1331	1124
Potência máxima MW	496,5	541,5
Potência mínima MW	220,0	250,0
Utilização da ponta (U) — horas	17,9	18,1
Factor de carga (α)	0,75	0,75
Relação $\frac{\text{Pot. mín.}}{\text{Pot. máx.}}$ (r)	0,44	0,46

SETEMBRO



IV — Energia armazenada nas principais albufeiras

Albufeiras:	No fim do mês GWh	% (1)
Paradela	0,0	0,0
Venda Nova	68,8	53,8
Salamonde	20,8	75,4
Caniçada	18,4	55,6
Cabril :	120,2	35,4
Castelo do Bode	133,0	81,6
Guilhofrei	3,1	37,3
Lagoa Comprida	8,4 (2)	25,9
Santa Luzia	33,2	53,9
Pracana	4,9	38,0
Póvoa	4,7 (3)	40,4
Total . . .	415,5	39,8

Notas:

(1) Coeficiente de enchimento em energia das albufeiras.

(2) Inclui 0,8 GWh armazenados em Vale do Rossim no fim do mês.

(3) Inclui 0,5 GWh armazenados no açude do Poio no fim do mês.

C. D. U. 669...8
669.586
669.386

ESTUDO DOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE REVESTIMENTOS METÁLICOS DE PROTECÇÃO

POR ANTERA VALERIANA DE SEABRA
Eng.º Chefe da Divisão de Química do LNEC
E ENG.º PEDRO REIS DOS SANTOS
Colaborador

B — REVESTIMENTOS DE ZINCO

O zinco é um dos metais mais reactivos apresentando, portanto, fraca resistência à corrosão. Contudo a sua capacidade natural para formar camadas protectoras torna-o um dos elementos mais importantes na luta contra a corrosão, sempre que o meio ambiente não seja demasiado agressivo, o que é o caso corrente. É ainda o metal que, na prática, confere uma protecção electroquímica mais universal devido ao valor do seu potencial electroquímico em relação aos outros metais.

Apresenta também uma importante vantagem sobre qualquer outro metal devido ao facto de poder ser aplicado como revestimento por qualquer dos métodos correntes. Tais propriedades dão ao zinco e, por consequência, ao revestimento de zinco uma larga aplicação, especialmente sobre o aço com o qual forma um conjunto com as características mecânicas do aço e a resistência à corrosão do zinco.

Assim, o zinco utiliza-se em folha, por exemplo, como material de cobertura em atmosferas urbanas e rurais; revestindo o aço, em canalizações para água e gás, redes, arames, postes, estruturas diversas, ferragens, etc.

I — MECANISMO DE PROTECÇÃO

No primeiro capítulo fez-se referência ao comportamento electronegativo — Quadro II — do zinco em relação ao ferro, facto que garante uma eficaz protecção mesmo quando ocorrem descontinuidades no revestimento. Deve, no entanto, notar-se que o potencial do zinco sofre com a temperatura, uma variação maior que a do ferro, elevando-se até — 0,3 ou — 0,2 V, aumento que é reversível, desaparecendo ao diminuir a temperatura.

No que se refere à corrosão química os produtos de corrosão primários que formam a camada autoprotectora são, geralmente, formados por óxidos, hidróxidos, carbonatos básicos e hidroxioloretos, consoante o meio ambiente.

Segundo Fritz Tödt, o óxido de zinco pode apresentar-se sob duas formas, uma activa e outra inactiva e os hidróxidos sob cinco modificações alotrópicas designadas por α, β_1, β_2, γ e ε consoante o valor de pH, sendo ε a forma estável. As características dalguns destes compostos estão resumidos no Quadro V.

Sob a acção do anidrido carbónico do ar estes compostos dão lugar a um carbonato básico de zinco a que é atribuída a fórmula $CO_2 . 4OZn . 4OH_2$; com cloretiões podem formar-se três hidroxicloretos: Cl OH Zn, $Cl_2Zn . 4 (OH)_2$ Zn e Cl_2 Zn , 6 $(OH)_2$ Zn.

Sendo, então, a natureza do meio ambiente um dos factores de primordial importância na resistência à corrosão do zinco vai considerar-se o comportamento do revestimento do zinco nos meios ambientes mais comuns: atmosferas exteriores e águas.

I. 1 — *Atmosferas exteriores*

A autoprotecção e a evolução da corrosão dependem do tipo de atmosfera ambiente.

As reacções que se passam nestas atmosferas muito poluídas, são muito complexas e ainda pouco conhecidas. As condições de corrosão tornam-se excepcionalmente rigorosas quando nestas atmosferas são frequentes os orvalhos e nevoeiros visto que a humidade condensada será necessàriamente ácida destruindo os produtos de corrosão formados.

QUADRO V

Óxidos e hidróxidos de zinco

Características segundo Feitknecht (19)

Natureza	Produto de solubilidade	
	$K = [Zn] \cdot [OH]^2$	
OZn activo	$6{,}86 \cdot 10^{-17}$	—
OZn inactivo	$9{,}21 \cdot 10^{-18}$	—
$(OH)_2Zn$ amorfo	$1{,}66 \cdot 10^{-16}$	Gelatinoso
$(OH)_2Zn$ α	$1{,}43 \cdot 10^{-16}$	Gelatinoso, placas delgadas hexagonais
$(OH)_2Zn$ β	$1{,}9 \cdot 10^{-17}$	Placas delgadas rômbicas
$(OH)_2Zn$ γ	$1{,}4 \cdot 10^{-17}$	Agulhas
$(OH)_2Zn$ ε	$8{,}41 \cdot 10^{-18}$	Pirâmides rômbicas

No ar frio e seco, o zinco é inalterável; ao contacto do ar húmido combina-se directamente com o oxigénio dando um óxido de zinco denso que, no fim de algumas horas, toma um aspecto granulado.

O óxido formado passa, reagindo com o anidrido carbónico existente, à forma de carbonato básico de zinco constituindo-se um filme muito aderente e que protege a camada de zinco subjacente, da corrosão. Estão neste caso as atmosferas rurais e suburbanas.

Em contacto com atmoferas fortemente poluídas, em especial, ricas em anidridos carbónico, sulfúrico e sulfuroso e portanto de carácter ácido, não chega a formar-se o filme protector ou destrói-se mesmo o que possa existir. Se a atmosfera não fôr muito húmida e o pH junto à superfície fôr cerca de 5, pode inicialmente aparecer um filme denso de óxidos que, após algumas horas, se torna granular, facilitando a corrosão.

Nas atmosferas muito ricas em anidrido sulfuroso, caso das atmosferas fortemente industrializadas, os carbonatos chegam a transformar-se, na quase totalidade em sulfatos básicos, intensificando-se o ataque.

Burns cita, por exemplo, que se pode processar uma diminuição de 60 g de zinco por m^2 de revestimento em ambientes industriais, entre 5 e 15 anos, enquanto que em atmosfera normal pode levar 40 a 50 anos.

No caso de atmosferas marítimas em que as percentagens de cloretos são elevadas, os principais produtos de corrosão são o carbonato, os hidróxidos e oxicloretos.

Considera-se, em geral, que a duração dum revestimento de zinco exposto a atmosferas interiores é cerca de 5 vezes superior à verificada no exterior.

I. 2 — *Águas*

Como é evidente o comportamento dum revestimento de zinco nas águas dependerá de vários factores entre os quais se salientam os seguintes: pH, salinidade, gases dissolvidos e a temperatura.

a) — *pH* — A concentração hidrogeniónica da água tem um efeito notável sobre a corrosividade do revestimento de zinco. A fig. 8 mostra a relação entre a intensidade da corrosão e o valor do pH da solução aquosa. Assim para pH de 7 a 12,5 aparece um filme estável de produtos de

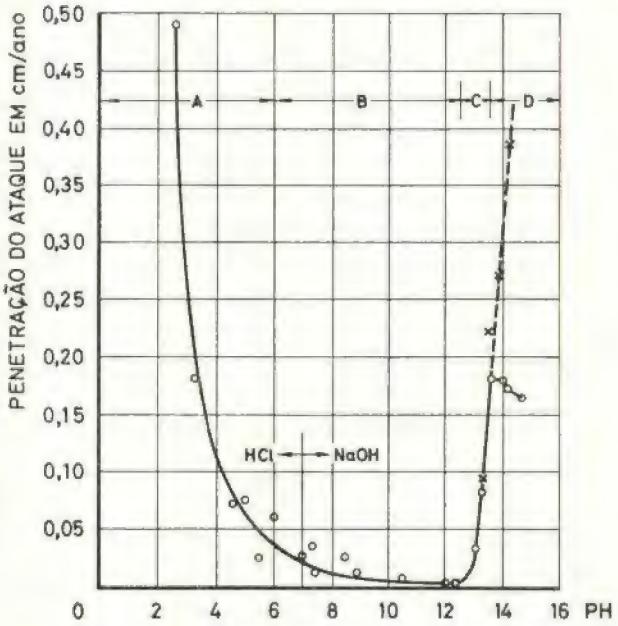


Fig. 8 — Ataque do zinco em função do pH (segundo Cox)

corrosão que assegura uma fraca velocidade de corrosão; fora destes limites o filme é instável, a velocidade de corrosão é elevada, isto é, o zinco é fàcilmente atacado em soluções ácidas e fortemente alcalinas. O valor de pH da maior parte das águas naturais usadas por exemplo, para fins domésticos varia, em geral, entre 5,8 e 8,5.

A presença de anidrido carbónico deslocará para cima a curva dada na referida figura favorecendo, portanto, a velocidade de corrosão.

b) — *Salinidade* — Este é um dos factores mais importantes quanto ao carácter corrosivo das águas. Nas águas de pH compreendido entre 7,5 e 9,5 contendo bicarbonato de cálcio e baixas concentrações de sulfatos, cloretos e nitratos, o ataque sobre o zinco é desprezável devido à formação dum filme de carbonatos pràticamente contínuo e de baixa solubilidade sobre a superfície metálica. Pelo contrário para baixas durezas temporárias, isto é, diminutas percentagens de bicarbonatos de sulfatos, cloretos ou nitratos, o revestimento sofre perfurações num curto prazo de tempo, aparecendo pontos de ferrugem (pitting).

Os carbonatos e silicatos que existem na água dando sais de zinco de baixa solubilidade e precipitando em contacto com a superfície metálica conferem também uma boa protecção.

A acção do cloreto de sódio pode ser limitada pela presença de sais de magnésio por formação de películas protectoras.

Assim, a água do mar ataca menos que as soluções de cloretos ou sulfatos devido a que sobre a superfície de zinco se depositam carbonatos, óxidos, hidróxidos e cloretos básicos cujo valor protector é mais elevado que os produtos que se depositam com aquelas soluções.

c) — *Gases dissolvidos* — O zinco não é pràticamente corroído em água pura, livre de oxigénio e anidrido carbónico.

Dum modo geral quanto maior fôr a concentração de oxigénio maior será o aumento da velocidade de corrosão. Se essa percentagem é elevada a corrosão tende a uniformisar-se; se cai abaixo da necessária para uma saturação uniforme — e é caso corrente — então formam-se células de concentração entre as áreas mais ricas e as áreas mais pobres em oxigénio, resultando a perfuração do revestimento e consequente aceleração da velocidade de ataque com formação dos produtos de corrosão habituais do zinco dos quais se destaca o hidróxido formado à custa dos oxidriliões que aparecem nas áreas catódicas. O aumento de temperatura acelera ainda a actuação do oxigénio.

Quanto ao anidrido carbónico ele existe sempre nas águas arejadas e de certo modo completa a acção do oxigénio transformando os óxidos e hidróxidos em carbonatos básicos de zinco.

A acção conjunta do anidrido carbónico e do oxigénio numa água, é ainda mais nociva encontrando-se na bibliografia a indicação de aumentos da corrosividade de 10 a 40 %.

d) — *Temperatura* — Este factor provoca uma aceleração da corrosão que é atribuível ao efeito da temperatura sobre o carácter dos produtos de corrosão. Estudos realizados por Cox (1) com água destilada arejada, fig. 9 a), mostram que até 50° C, a velocidade de corrosão do zinco aumenta lentamente com o aumento de tempe-

ratura; a 55° C, a velocidade de ataque aumenta abruptamente alcançando um máximo a 65° C e decrescendo ràpidamente acima desta temperatura. Verificou-se, ainda, que de 20 a 50° C os produtos de corrosão são gelatinosos e aderentes ao metal base, mas acima de 50° C tornam-se granulares e a cerca de 100° C voltam a formar uma película densa, muito aderente ao metal. Tem-se, então, uma zona de temperatura de 50 a 95° C em que o poder protector dos produtos de corrosão formados é fraco, com um mínimo entre 50 e 65° C.

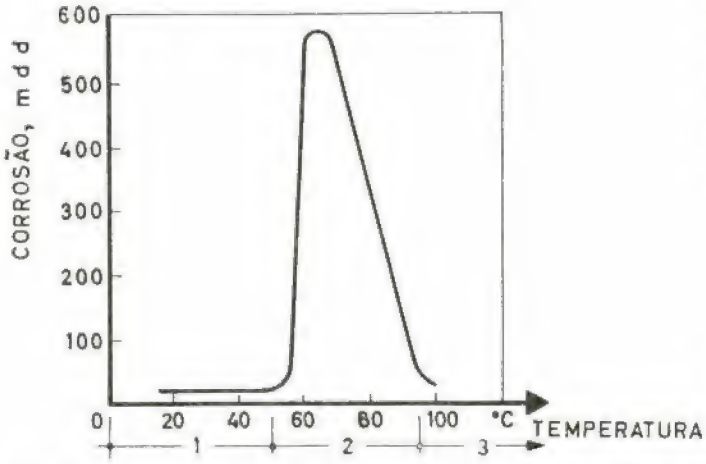


Fig. 9 a — Velocidade de corrosão do zinco pela água destilada em função do tempo. (segundo Cox)
1) — Película gelatinosa aderente ao metal.
2) — Película granulosa fracamente aderente ao metal.
3) — Película densa fortemente aderente ao metal.

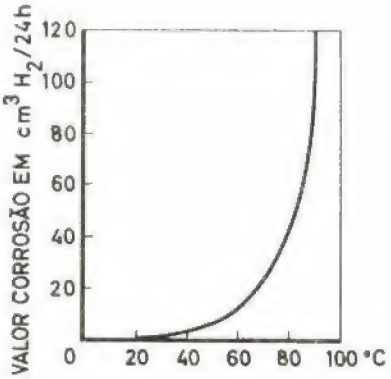


Fig. 9 b — Velocidade de corrosão do zinco pela água da torneira em função da temperatura. (segundo Beilis)

Além da diferença de características dos produtos o aumento de corrosão com a temperatura é também explicado por alguns autores devido à diminuição do carácter electronegativo do zinco ou mesmo inversão de polaridade, tornando-se catódico em relação ao ferro o que, segundo Hoxeny e Burtton, é activado pela presença de nitratos e bicarbonatos, nas águas.

A fig. 9 *b*) mostra a velocidade de ataque do zinco por água da torneira em função da temperatura, segundo os estudos de Beilis.

Assim, em água fria o zinco exerce protecção catódica sobre o ferro mas em água quente, particularmente entre 50 e 60° C, o revestimento de zinco confere pouca protecção ao ferro, possìvelmente porque o zinco se torna eléctricamente isolado pelos seus produtos de corrosão ou porque, sob estas condições, a diferença de potencial entre o zinco e o ferro diminue consideràvelmente podendo, mesmo o zinco tornar-se mais nobre que o ferro.

I. 3 — *Outros ambientes*

A utilização dum revestimento de zinco deverá ser sempre estudada em cada caso e muito especialmente, quando se trate de ambientes particulares.

Deve, também, atender-se que, por razões de segurança sanitária — (formação de sais venenosos) — o emprego de peças zincadas para realizar o transporte de líquidos destinados ao consumo público deve ser estudado cuidadosamente. A concentração máxima de zinco admissível é, segundo R. M. Burns e A. Schuh, (2) cerca de 5 mg/1 devendo evitar-se o uso de revestimentos de zinco no transporte ou armazenamento de águas corrosivas, leite e refrigerantes ácidos.

A protecção contra a acção corrosiva dos solos é geralmente boa exceptuando os casos em que o pH é baixo ou alto demais; o ataque é semelhante ao da água do mar.

Se as chuvas são raras e o solo tem grande resistividade eléctrica e poucos sais, a corrosão é, em geral, fraca; todavia, se os solos não são drenados e têm uma condutância sensível então tornam-se corrosivos. Verificou-se, por exemplo, que um revestimento com a mesma espessura (300 g/m²) sofre uma variação de 20 % ao fim de um a dois anos em solos corrosivos ou, ao cabo de cerca de 20 anos, em solos pouco agressivos.

Por outro lado, a superfície muito lisa do zinco não oferece muita possibilidade de fixação de poeiras e sujidade que, caso contrário, dariam lugar a elementos locais de corrosão.

II — TÉCNICAS DE APLICAÇÃO

O zinco é aplicável como revestimento de protecção pela maioria dos processos conhecidos. Tendo sido no primeiro capítulo feita referência aos diversos processos de aplicação indicam-se, agora, apenas alguns pormenores das diversas fases operatórias dos de mais larga utilização, pois, considera-se o seu desenvolvimento fora do âmbito do presente trabalho.

II. 1 — *Imersão a quente*

e) — *Composição do banho*

A zincagem por imersão a quente é o método mais difundido e, dum modo geral, o mais aconlhável.

As propriedades dos revestimentos aplicados por este processo dependem do modo como decorreu toda a operação de zincagem incluindo: qualidade do metal da peça, desengorduramento, decapagem, fluxo, composição do banho, formação do revestimento, temperatura do banho e duração da imersão, cujas generalidades já atrás se referiram.

As limitações deste processo antigo e muito experimentado, são as dimensões dos banhos de zinco e a possibilidade de deformação das peças durante a sua estadia no banho. Deve-se ter particular atenção se as peças a zincar são chapas delgadas, se têm secções não simétricas, se a sua massa varia fortemente dum lado a outro, ou ainda, se se trata de objectos soldados apresentando tensões internas causadas pela soldadura.

Imergindo num banho de zinco líquido a uma temperatura de 450 a 465° C, a superfície do aço, decapada e bem limpa, reage com o zinco com formação de ligas ferro-zinco que garantem uma excelente aderência da camada de zinco sobre o aço. Nestas ligas o ferro está quìmicamente ligado ao zinco o que torna muito difícil separar completamente a camada protectora. Esta técnica tem ainda a vantagem de promover uma penetração em todas as concavidades e irregularidades existentes na superfície do aço, obtendo-se revestimentos cuja espessura varia, em geral, entre 40 e 120 μ.

Na maior parte dos casos num revestimento de zinco pode distinguir-se uma camada de transição de ligas Fe/Zn sobre as quais se encontra uma camada constituída pràticamente por zinco puro também chamada camada de solidificação. A seguir far-se-ão algumas considerações sobre a formação dessas ligas e suas características dado que elas apresentam o verdadeiro interesse técnico deste processo de aplicação.

Constituição do revestimento — A análise do diagrama de equilíbrio ferro-zinco (fig. 10) permite

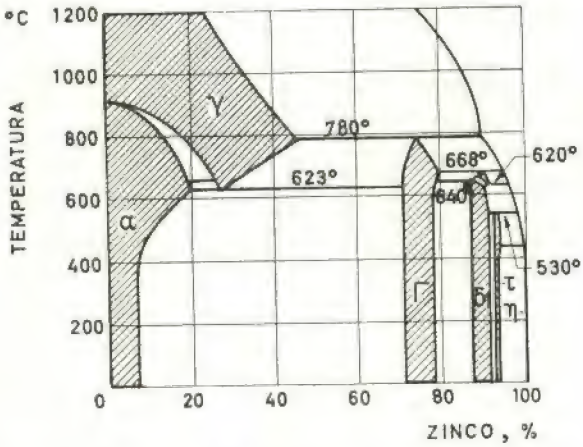


Fig. 10 — Diagrama binário ferro-zinco. (seg. Schraum)

deduzir a constituição dos diversos estratos que constituem a camada de revestimento (fig. 11). À temperatura de trabalho (450° C) e lendo o diagrama da direita para a esquerda encontram-se as seguintes fases:

- Zinco
- Fase η com uma percentagem de ferro de 0 a 0,2 % formando, pràticamente uma camada de zinco puro e que constitui o estrato mais exterior;
- Fase ζ contendo 6-6,2 % de ferro, é de grande importância na difusão pois a sua homogeneidade constitui um obstáculo a este fenómeno;
- Fase δ_1 com 7 a 11,5 % de ferro, actuando na formação da estrutura é formada por duas camadas, uma, exterior, de cristais compridos, muito unidos, designada por «empaliçada» e a outra compacta;
- Fase Γ de 21 a 28 % de ferro constitui

um estrato delgado, a maioria das vezes reconhecível microscòpicamente;

— Fase de cristais de ferro ρ;

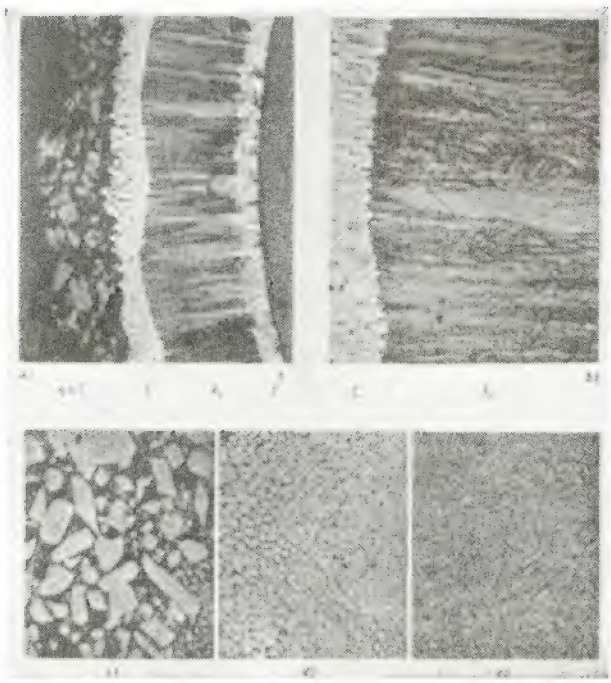


Fig. 11 — Estrutura duma camada de zinco espessa obtida pelo processo de imersão a quente.
(Corrosion y Proteccion, Fritz Todt fig. 6 13)

a) Secção transversal
b) Limite das fases ζ e δ_1 (empaliçada)
c) Camada de zinco puro η com cristais ζ provenientes da segunda camada
d) Secção paralela à superfície através da camada ζ
e) Idem através da camada empaliçada, δ_1.

Um tratamento térmico de recozido a 600° C das camadas galvanizadas (galvannealing) altera o número de fases existentes. Assim o estrato de zinco passa a δ_1, logo que a temperatura atinge 530° C o que corresponde ao desaparecimento da fase ζ. A 630° chega também a desaparecer por difusão a fase δ_1.

Estas fases apresentam propriedades diferentes. As que contêm elevada percentagem de ferro às quais é, quase geral, a atribuição das fórmulas $FeZn_7$ e $FeZn_3$ respectivamente para as camadas externa e interna, têm fracas propriedades mecânicas, pois, são frágeis. Sob o ponto de vista electroquímico, as fases vão tendo potenciais mais nobres à medida que aumenta o teor em ferro. A diferença de potêncial entre os dois metais ferro-zinco é cerca de 400 mv. O facto das camadas intermédias serem mais nobres que o zinco pode dar lugar a elementos de pilhas sempre que o revestimento sofra um desgaste local, corroendo-se a camada mais externa.

Tem, portanto, além duma conveniente espessura da camada de revestimento, muito interesse a microestrutura dessa camada. Ao ataque atmosférico parece ser de maior importância a existência duma camada com cerca de 21 % de ferro considerada da fase Γ. Os produtos de corrosão têm uma cor amarelo-alaranjado e exercem uma acção protectora.

Na água fria o comportamento é semelhante ao do zinco enquanto existir a fase Γ. Na água quente pequenas percentagens de cobre como as que podem provir dos permutadores de calor, perturbam e aceleram a corrosão. As camadas de zinco podem perfurar-se localmente com formação de tubérculos castanhos escuros que se depositam sobre a superfície. Entretanto produz-se um ataque uniforme que desgasta o estrato de zinco puro. Quando fica a descoberto a fase Γ com as suas formações dispersas, o ataque progride ao longo dos limites dos grãos e desprendem-se alguns cristais isolados. Com frequência se verifica também, que a camada de ferro-zinco se desprende do fundo da camada empaliçada delgada. Nas fases ligadas existe o mesmo fenómeno de elevação do potencial como para o zinco, e a fase δ_1 apresenta tendência para sofrer perfurações.

A microestrutura apresentada pelo revestimento de zinco depende das condições de trabalho, desde os tratamentos aplicados à superfície do metal base, da temperatura e composição do banho, duração da imersão e tratamentos posteriores.

No que se refere à temperatura do banho há vantagem em mantê-la o mais baixo possível, assim, consegue-se diminuir a quantidade de impuresas. A temperatura de trabalho convém localizar-se no intervalo 440 — 460° C com um cuidadoso controle da temperatura. Acima de 480° C a camada de liga transforma-se em cristais não aderentes e, portanto, o zinco penetra na camada e vai atacar o ferro-base.

A duração da imersão deve ser a menor possível devendo imergir-se simultâneamente todas as partes da peça a fim de evitar heterogeneidades na continuidade do revestimento. Por outro lado, as peças devem ser retiradas do banho a uma

velocidade média fixa que irá determinar a espessura da camada de zinco puro.

II. 2 — *Deposição electrolítica*

Este processo não produz senão camadas muito delgadas da ordem de 10 a 20 μ (13).

Em objectos de formas complicadas, a camada será irregular, especialmente no caso de objectos côncavos. Para os parafusos e porcas segue-se este método frequentemente porque, em virtude da fraca espessura, as cotas das peças não sofrem pràticamente modificações. O zinco é utilizado na forma de placas mergulhadas no banho que pode ter diversas composições. O uso de banhos especiais têm permitido obter revestimentos de aspecto brilhante depois da imersão em ácido oxidante. Não há formação de ligas de transição.

II. 3 — *Metalização*

Na metalização a quente feita à pistola, é o zinco o metal mais usado quer em fio quer em pó. Geralmente, utiliza-se o metal trefilado de grande pureza. Uma limpeza a jacto de areia da superfície é sempre vantajosa para aumentar a aderência das partículas de zinco. A aplicação do revestimento deve ser executada com uma grande exactidão e com uma grande precisão para que seja obtida uma camada protectora uniforme.

Podem-se aplicar camadas espessas de 50 a 200 μ que, sendo porosas, deverão sofrer um tratamento térmico posterior ou de pintura com um produto por exemplo à base de resinas vinílicas, sempre que possível.

A metalização a frio é relativamente recente tendo surgido nos últimos tempos uma vasta gama de pinturas contendo pigmentos de zinco e que devem ser aplicadas sobre aço decapado e limpo. Não exige, no entanto, a ausência completa de ferrugem o que lhe confere grande interesse na preparação dos revestimentos obtidos por zincagem a quente.

São bastante correntes as espessuras de 50 a 75 μ nos revestimentos obtidos por este método, conferindo uma protecção satisfatória.

Estas pinturas formam sobre o metal, filmes constituídos por 94 e 95 % de pó fino de zinco e 5 a 6 % de ligante (polimetacrilatos, derivados de cautchu, poliestireno, butiltitanato, silicatos, etc.).

Se a percentagem de zinco descer abaixo de 90 % o efeito protector deste metal sobre o ferro torna-se pràticamente nulo.

Depois de aplicado o revestimento do zinco por alguns destes processos pòde proceder se a um tratamento mecânico destinado a tornar a superfície lisa e, mais raramente, a um tratamento químico para aumentar a resistência à corrosão. Assim nas regiões industriais, isto é, atmosferas poluídas, recorre-se usualmente a pinturas que retardam ou evitam o ataque pelos anidridos sulfuroso, sulfúrico, nítrico e de poeiras contendo carbono.

II. 4 — *Cementação a quente*

A zincagem por cementação a quente (sherardização) é uma técnica de cementação que utiliza zinco em pó. As peças são fechadas num cilindro e aquecidas até à temperatura 300 — 400° C ; o cilindro é animado de movimento de rotação para permitir a deposição do zinco em toda a superfície da peça.

As dimensões do cilindro restringem o uso deste processo a peças de pequenas dimensões, como parafusos e roscas.

Este é o método mais antigo de difusão e a camada obtida é formada pelas fases ζ e δ_1 e eventualmente η em camada muito delgada.

III — ENSAIOS DE AVALIAÇÃO

Dependendo o comportamento dum revestimento metálico, como se viu, de diversos parâmetros, muitos deles dificilmente controláveis, torna-se bastante difícil a previsão da sua resistência ao meio ambiente avaliando a sua qualidade por meio de ensaios simples e rápidos.

No entanto, porque essa apreciação se torna absolutamente necessária, numerosos estudos estrangeiros levaram a estabelecer métodos para a medida das diversas características de revestimentos metálicos já atrás referidas. Saliente-se, todavia, que alguns desses métodos deverão ser utilizados apenas como ensaios de estudo para melhoria de fabricação e não como método de controle. Neste capítulo tratar-se-ão exclusivamente dos ensaios que têm maior interesse num controle de qualidades dos revestimentos de zinco.

III. 1 — *Espessura do revestimento*

O conhecimento da espessura e uniformidade da camada e da sua estrutura são elementos importantes para fixar as propriedades do revestimente de zinco bem assim como o seu campo de aplicação; em alguns casos particulares é necessário considerar ainda outros factores que podem ter tanta importância como estes.

O primeiro ensaio que se vai considerar é o da avaliação da espessura e, no caso destes revestimentos, a espessura média, isto é, o cociente do volume total do metal depositado numa superfície dada pela área desta superfície.

Para a sua determinação é possível o emprego de ensaios não destrutivos, como o magnético e electromagnético e o de métodos destrutivos, como o metalográfico e o de dissolução química, este último o mais corrente.

a) — *Métodos não destrutivos — Método magnético* — Este método é aplicável na determinação da espessura de todos os revestimentos não magnéticos sobre aço e ferro ou de revestimentos de níquel, metal magnético, sobre metais não magnéticos. Nestes ensaios mede-se a força necessária para descontactar da superfície de revestimento electromagneto ou um magneto permanente.

O aparelho mais simples usado na determinação da espessura do revestimento utilizando as propriedades magnéticas, consta de um pequeno magneto permanente com um polo semiesférico colocado verticalmente sobre a peça zincada. Uma balança de mola mede a força necessária para descontactar o magneto da superfície da peça. Geralmente, a balança está calibrada para dar a espessura do revestimento por leitura directa. A força diminui ao aumentar a espessura do revestimento.

Um outro aparelho, o Elcometer, consta de um magneto em forma de U compensado por uma mola, munido de uma agulha que se desloca sobre uma escala quando ocorre uma variação do campo magnético. O aparelho tem dois polos de modo que o valor obtido representa uma «espessura média» que não corresponde, no entanto, a uma média aritmética; o zero da escala é acertado com um revestimento de espessura conhecida.

Enquanto o primeiro permite determinar espessuras entre 0 e 100 μ, o Elcometer é usado para a amplitude de 0 a 300 μ.

Existem ainda outros métodos físicos cuja utilização está limitada pela necessidade de aparelhagem custosa e de técnica especializada. Está neste caso o emprego da técnica de difracção de raios X em que uma parte de raios incidentes é reflectida pelo revestimento e apenas uma fracção chega ao metal base, sendo reflectida por ele, dependendo a intensidade das riscas, produzidas no diagrama, da espessura do revestimento. Assim, este método é utilizável para os metais e espessuras de camada que produzam diferenças adequadas entre as intensidades reflectidas pelo metal base e pelo revestimento. Para o caso do zinco podem avaliar-se, por este processo, espessuras até 30 μ.

Um outro instrumento mais recente baseia-se no princípio de que a quantidade de radiação β que é reflectida por uma superfície zincada depende da densidade do revestimento e está compreendida entre as quantidades reflectidas pelo aço e pelo zinco puro.

b) — *Métodos destrutivos* — Exame metalográfico — É um dos métodos mais directos para determinação da espessura mas que requere uma técnica e aparelhagem especializada. Consiste na observação dum corte transversal cuja superfície, convenientemente polida e atacada, é observada ao microscópio metalográfico com ampliações entre 100 e 500 X consoante a espessura do revestimento que é medida por meio da ocular micrométrica. Os provetes devem ser montados de modo que as superfícies a examinar fiquem tão normais quanto possível à superfície do revestimento a ensaiar. Um desvio de 10° em relação à perpendicular dá origem a um erro de 2 %.

Além do valor da espessura, esta técnica fornece, para ampliações entre 500 e 1000 X, um meio de observação directa da constituição da camada do revestimento cuja diferenciação parece melhorar consideràvelmente quando se utiliza um agente de polimento de pH controlado, compreendido entre 7 e 7,6.

Deve notar-se que este método tem especial interesse para determinações de espessuras locais e é suficientemeate preciso para espessuras superiores a 2 μ.

— *Métodos electroquímicos* — Os revestimentos metálicos podem ser ràpidamente removidos por dissolução anódica, em electrólitos aconselháveis.

A espessura é calculada a partir da perda de peso sofrida ou por determinação analítica na solução que contém o metal.

Por medições de potencial pode-se, igualmente, avaliar a espessura do revestimento desde que sejam suficientemente diferentes os potenciais dos revestimentos e do metal base e a densidade de corrente seja constante em todo o revestimento em ensaio. Modernamente tem-se empregado este método também para o estudo da estrutura dos revestimentos de zinco.

— *Dissolução química* — É um dos processos mais simples de avaliação da espessura do revestimento de zinco e consiste em removê-lo por meio de um ácido e medir a perda de peso sofrida pela peça ou o volume de hidrogénio libertado pela reacção. Se o metal base pode ser atacado pelo ácido é necessário adicionar-lhe um inibidor que baixe ou anule a velocidade de ataque do metal.

É necessário um cuidadoso e prévio desengorduramento para que o revestimento se dissolva rápida e uniformemente.

A espessura média é dada por

$$e = \frac{M}{A \cdot d}$$

em que M é massa do revestimento, A a superfície revestida e *d* a densidade do metal-revestimento.

Quando se mede o volume de hidrogénio libertado — método gasométrico — utiliza-se em geral, uma solução de ácido clorídrico e sal de antimónio. 1 ml de hidrogénio libertado, à pressão e temperatura normal, corresponde a 2,92 mg de zinco. Este método é rápido mas requere um aparelho que, embora simples, deve estar adaptado ao tipo de provetes a usar; é particularmente útil no controle de zincagem de fios. Os resultados são fornecidos directamente por tabelas estabelecidas para cada aparelho e em função do diâmetro dos fios.

O método de dissolução é utilizável sempre que a dimensão das peças o permita ou que se possam obter provetes de área fàcilmente mensurável. Tem, ainda, a vantagem de, ou pela determinação da natureza das impurezas do revestimento que passaram à solução ou seguindo a variação da velocidade de reacção com o tempo, poder dar indicações sobre o processo de aplicação do revestimento.

Correntemente, dado que a espessura é directamente proporcional ao peso da camada de zinco por unidade de superfície, limitam-se os cálculos à determinação da quantidade de zinco existente por m^2 ou dm^2.

c) — *Estudo do método a especificar* — A generalização do método de dissolução em quase todas as especificações estrangeiras e a sua facilidade de execução levaram a adoptá-lo como base de estudo do método de avaliação de espessura dum revestimento de zinco.

Resumidamente as diferentas fases deste método de ensaio são:

- — Limpeza e secagem dos provetes;
- — Pesagem das provetes, com a aproximação de 0,01 g;
- — Imersão dos provetes numa solução que remova o revestimento de zinco; se a solução for constituída por um ácido observar-se-á, inicialmente, uma libertação violenta de hidrogénio que diminui de intensidade quando o revestimento de zinco for dissolvido;
- — Lavagem, limpeza e secagem a 100° C dos provetes;
- — Pesagem dos provetes desrevestidos com a aproximação de 0,01 g;
- — Medição da superfície A dos provetes depois de removido o revestimento.

A diversidade de soluções para ataque da camada de zinco conduziram a um primeiro estudo para a escolha da solução a utilizar.

Embora se possa realizar a solução da camada de zinco com soluções não contendo ácidos, por exemplo, solução de acetato básico de chumbo ou de cloreto estanoso, as soluções ácidas com adição de inibidores são as únicas que oferecem interesse prático.

Os ácidos geralmente usados são o sulfúrico ou clorídrico e como inibidores os sais de antimónio ou de arsénio. Efectivamente, em certas condições, estes sais diminuem o ataque do ferro pelo ácido sulfúrico. A acção inibidora dos compostos de antimónio é, segundo Clarke, devida a alta sobretensão da deposição de antimónio. O ataque do zinco pelo ácido, o qual tem uma sobretensão ainda maior, é acelerado pelos sais de antimónio; mesmo para o ferro há aceleração do ataque se o ácido é usado muito diluído.

No que se refere ao ataque pelos ácidos, do ferro e do zinco, sabe-se que o ferro é mais ràpidamente atacado pelo ácido sulfúrico que pelo ácido clorídrico enquanto o zinco é mais ràpidamente atacado por este último.

Foi, talvez, nesta base que algumas especificações introduziram a solução de ácido clorídrico e sal de antimónio, que com excepção da norma israelita, tem a seguinte composição:

— 5 ml de solução de cloreto de antimónio e 100 ml de ácido clorídrico (d = 1,19). Para preparar a solução de cloreto de antimónio dissolvem-se 20 g de O_3Sb_2 ou 32 g de Cl_3Sb em 1 litro de ácido clorídrico (d = 1,19).

Em virtude dos vapores que se libertam esta solução deve ser usada com cuidado. É fàcilmente regenerada pela adição de 5 ml de solução de cloreto de antimónio o que se pode fazer sempre que a duração do ataque ultrapasse cerca de 10 minutos.

A solução do ácido sulfúrico e sal de arsénio contém, por litro, 5 g de anidrido arsenioso e 100 ml de ácido sulfúrico concentrado (d = 1,84).

A regeneração desta solução tem de efectuar-se a curtos intervalos porque empobrece em arsénio muito ràpidamente; ela deve realizar-se quando a superfície do provete começa a apresentar manchas, na camada escura de arsénio depositado.

A especificação alemã indica uma solução muito mais diluída, contendo 2 g de anidrido arsenioso por litro de solução sulfúrica a 2 %, em volume.

Para criteriosa escolha da solução a propor para especificação procedeu-se, então, a vários ensaios de dissolução da camada do revestimento, utilizando as soluções já indicadas e mais duas outras para termo de comparação, uma não ácida e outra ácida sem inibidor.

As soluções, ensaiadas, que se referiram com as letras A, B, C, e D, foram então, as seguintes:

A — Solução não ácida, de cloreto estanoso contendo, 10 g deste sal, 15 g de cloreto de amónio e 0,5 g de ácido tartárico em 100 g de água destilada. Filtrar a solução.

B — Formada por 100 ml de ácido clorídrico (d = 1,19) e 5 ml da solução de cloreto de antimónio obtida dissolvendo 32 g de Cl_3Sb em 1000 ml de ácido clorídrico (d = 1,19).

C — 5 g de anidrido arsenioso e 100 ml de ácido sulfúrico (d = 1,84) em 1 litro de água.

D — Solução diluída a 1 : 1 de ácido clorídrico (d = 1,19).

Os resultados obtidos, para as perdas de peso, em 6 ensaios com cada uma destas soluções e para provetes de fios zincados de diâmetro 1,65 mm e com um comprimento de 60 cm, figuram no Quadro VI. Para a sua apreciação considerou-se que a espessura da camada de revestimento dos fios seria pràticamente igual em toda a superfície e que as perdas de peso mais prováveis correspondiam aos menores valores encontrados dado que os respectivos provetes se encontravam isentos de zinco no final do ensaio, isto é, tomaram-se para valores reais os obtidos no ensaio C.

Assim verificou-se o seguinte:

— O ensaio A revela uma certa dispersão. Por outro lado, é bastante difícil retirar o depósito de estanho que substitui o zinco e adere à superfície do metal base.

— O segundo ensaio, com a solução B, apresenta uma média igual e uma dispersão semelhante ao anterior.

A diferença de 0,15 para a média dos ensaios com a solução C permite supor que há um ataque sensível no metal base, isto é, que a acção do inibidor não é totalmente eficiente. O ataque do revestimento é violento e a abundância de vapores que se libertam impõem a sua execução em chaminé.

— O terceiro ensaio, com ácido sulfúrico e anidrido arsenioso, mostrou que a dispersão é pràticamente nula o que traduz uma excelente reprodutibilidade.

A dissolução do zinco é lenta mas o ataque do metal base parece ser desprezável consequência provável da camada de arsénio que se deposita ser relativamente espessa. Deve ainda notar-se que, ao contrário do ensaio anterior, o ponto final da dissolução é, neste caso, bem definido não deixando dúvidas ao operador e a manipulação da solução não é incómoda.

— A solução D apresenta uma dispersão idêntica aos ensaios A e B mas as perdas de peso e consequentemente a média, são bastante mais elevadas o que era de prever dada a não existência

QUADRO VI

Resultados dos ensaios com as soluções A, B, C e D para fios com L = 600 mm e ϕ = 1,65 mm

Número dos provetes		A — Cloreto estanoso		B — ClH + Cl_3 Sb		C — SO_4H_2 + O_3As_2		D — Sol. de ClH, 1:1	
		Perda de peso	Diferença	Perda de peso	Diferença	Perda de peso	Diferença	Perda de peso	Diferença
1		2,64	+ 0,17	2,52	+ 0,05	2,30	— 0,02	2,69	+ 0,10
2		2,43	— 0,04	2,50	+ 0,03	2,34	+ 0,02	2,62	+ 0,03
3		2,39	— 0,08	2,39	— 0,08	2,29	— 0,03	2,55	— 0,04
4		2,39	— 0,08	2,42	— 0,05	2,34	+ 0,02	2,66	+ 0,07
5		2,50	+ 0,03	2,54	+ 0,07	2,35	+ 0,03	2,53	— 0,06
6		2,47	0,00	2,48	+ 0,01	—	—	2,54	— 0,05
Média	Diferença entre valores extremos	2,47	0,25	2,47	0,15	2,32	0,06	2,59	0,16
Diferença para a média com sol. C		0,15		0,15		0		0,27	

de inibidor dando-se, portanto, um ataque mais intenso do metal base.

Em virtude das dúvidas surgidas sobre a acção inibidora do cloreto de antimónio e do sal de arsénio realizaram-se ainda ensaios específicos a fim de pôr em evidência a actuação de cada um destes inibidores visto que o interesse dum inibidor está directamente relacionado com a possibilidade de fixar com segurança o fim da reacção de dissolução. A sua acção é de tanto maior interesse quanto mais nítido for o ponto final da reacção.

Determinaram-se, então, as perdas de peso para tempos de imersão propositadamente exagerados utilizando três grupos de 3 provetes de fios de 1,65 mm de diâmetro e 600 mm de comprimento cada provete, que foram imersos durante 5 minutos nas soluções em estudo. Paralelamente efectuaram-se, para o mesmo número de provetes, ensaios de duração normal, isto é, até ao fim da reacção de dissolução.

Os resultados, inscritos no Quadro VII, revelam que à solução de ácido cloridrico e sal de antimónio corresponde uma maior perda de peso e uma variação sensível desta perda com o aumento da duração de imersão e que com a solução de ácido sulfúrico, tendo como inibidor o anidrido arsenioso, essa variação é pràticamente nula.

QUADRO VII

Perda de peso em função do tempo de imersão

Ensaio	Solução ClH e Cl_3 Sb		Solução SO_4H_2 e O_3As_2	
	Perda de peso em %	Tempo em s	Perda de peso em %	Tempo em s
1	2,50	15	2,45	45
2	2,46		2,39	
3	2,60		2,61	
Média	2,52		2,48	
4	2,84	300	2,55	300
5	2,93		2,51	
6	2,93		2,40	
Média	2,90		2,40	

Das considerações e ensaios feitos pode, então concluir-se que :

— Sempre que se deseja maior rigor, deverá utilizar-se a solução de ácido sulfúrico com inibidor de arsénio.

— Quando tem grande importância a rapidez, caso do controle de fabriçação, será aconselhável o uso da solução de ácido clorídrico com inibidor de antimónio.

III. 2 — *Uniformidade de revestimento*

Sendo o revestimento um elemento protector, a sua resistência à corrosão — ou o grau de protecção — será melhor avaliado pela espessura mínima da camada visto que um revestimento pode apresentar uma grande espessura mas a sua acção protectora ficar sèriamente comprometida se, nalguns pontos, a espessura for muito fraca, isto é, se o depósito não for homogèneamente distribuído. Este facto é tanto mais importante quanto mais marcado for o carácter catódico do revestimento em relação ao metal base.

O ensaio de uniformidade do revestimento visa exactamente a determinação dos pontos da espessura mínima assim como o seu valor relativo.

Citar-se-ão alguns métodos para este ensaio, tratando-se particularmente daquele cujo emprego está mais generalizado ou seja o ensaio de Preece.

III. 2.1 — *Métodos de ensaio*

Pode utilizar-se para avaliação da espessura mínima alguns dos métodos indicados para a determinação da espessura média desde que se realizem ensaios em vários locais da superfície. São, no entanto, de mais interesse aqueles em que se dissolve uniformemente o revestimento, evidenciando-se as zonas de espessura mínima por uma primeira revelação do metal base desrevestido.

a) — *Método do ácido acético com água oxigenada* — O provete é mergulhado numa solução, de 140 ml de água oxigenada (3 %) e 20 g de ácido acético num litro de água, à temperatura de 95° C anotando-se o tempo necessário ao aparecimento de pontos de ferrugem. Tem especial interesse no caso de depósitos electrolíticos, visto que os revestimentos obtidos por imersão em banho de cianeto se dissolvem mais lentamente que no caso dos banhos de sulfato.

O método parece não ser aconselhável para o caso de revestimentos contendo muito ferro.

b) — *Método do ácido sulfúrico* — O provete é mergulhado durante um certo tempo numa solução de ácido sulfúrico e anidrido arsenioso sendo em seguida imerso numa solução concentrada de sulfureto de amónio; o aparecimento de pontos negros durante esta imersão revela os locais onde o revestimento tinha espessura mínima. O método é usado exclusivamente para fios.

c) — *Método de Preece* — Este método, que se estudará em pormenor, consiste em imersões sucessivas do provete a ensaior numa solução de sulfato de cobre, durante um determinado intervalo de tempo, e na verificação da existência, ou não, de depósito aderente de cobre sobre o ferro. O número de imersões, até aparecimento do depósito de cobre, dá indicação, com certa reserva, sobre a espessura mínima, e a distribuição do mesmo depósito permite ajuizar da uniformidade do revestimento.

Este ensaio é aplicável aos revestimentos de zinco aplicados por imersão a quente, electrólise ou metalização à pistola. O ensaio pode ser efectuado com provetes de fios, de tubos ou de chapas zincadas.

III. 2.2 — *Considerações experimentais sobre o método de Preece*

Mais pormenorizadamente este ensaio consiste em imergir provetes de material zincado, prèviamente desengordurados, numa solução de sulfato de cobre por períodos de um minuto até se obter um depósito de cobre brilhante aderente, o qual é tomado como ponto final. Depois de cada imersão o provete é lavado em água corrente para remover depósitos de cobre não aderentes. Baseando-se na hipótese, embora não exacta, de que os pesos de revestimento dissolvidos por minuto, para um dado tipo de revestimento, são comparáveis, este ensaio dá uma certa possibilidade de relacionar a espessura com o número de imersões necessárias até aparecimento do ponto final.

No entanto inúmeros factores influenciam este ensaio, como a temperatura, posição do provete, falsos pontos finais, variações na velocidade de dissolução. Todas estas dificuldades provocaram vários movimentos tendentes a suprimir o método tendo mesmo uma comissão da ASTM proposto por unanimidade o abandono de tal ensaio. Todavia a simplicidade e rapidez têm sido, e parece que continuarão a ser, as principais razões de adopção do método de Preece na maioria das normas existentes. Deste modo para que o ensaio

seja significativo, torna-se necessário definir todos os factores que possam influenciar o resultado.

Esses factores podem reunir-se nas seguintes alíneas:

a) — qualidade do sulfato utilizado para a solução
b) — composição e preparação da solução
c) — condições de utilização e de ensaio
d) — falsos pontos finais.

a) — *Qualidade do sulfato* — Embora a maioria das especificações aconselhem a utilização de sulfato de cobre p.a., ensaios realizados mostraram que se podia utilizar o sulfato comercial puro sem grandes inconvenientes desde que o teor em sulfato de ferro heptahidratado não seja superior a 0,07 % a fim de evitar que apareça um depósito amarelo acastanhado no fundo do vaso que contém a solução. Além de obedecer a esta condição o sulfato de cobre deve apresentar um mínimo de acidez livre que se neutraliza posteriormente.

O Quadro VIII resume os valores encontrados para o pH e para o teor em sulfato de ferro, duma solução a 275 g/l de alguns tipos de sulfato de cobre da CUF em comparação com produtos estrangeiros geralmente utilizados para este fim, tendo o tipo «5.ª recristalização» dado resultados satisfatórios.

QUADRO VIII

Valores do pH e teores em ferro de amostras de sulfato de cobre de diferentes purezas

Tipo	pH	Teor em SO_4 Fe, 7 OH_2
Sulfato CUF, cristais grandes	2,9	—
Sulfato CUF, cristais médios	3,1	0,96 %
Sulfato CUF, cristais pequenos	3,3	—
Sulfato CUF, 5.ª recristalização	3,3	0,07 %
Sulfato Merck, comercial	3,3	0,007 %
Sulfato Merck, p. a.	3,2	vestígios

b) — *Composição e preparação da solução* — A solução obtém-se dissolvendo sulfato de cobre pentahidratado em água destilada, usualmente numa concentração de 275 g l. Para preparar esta solução devem dissolver-se cerca de 320 g de sulfato cristalizado num litro de água destilada para compensar a possível existência de sulfato de cobre anidro. No que se refere à preparação da solução convém observar que, para apressar a velocidade de dissolução dos cristais, se pode aquecer ligeiramente a água destilada sem inconveniente.

Outras soluções têm sido sugeridas, como por exemplo, a de Walkup e Groesbeck (14) que consiste na dissolução de 36 g de SO_4Cu. 5 OH_2 e 2 g de SO_4Na_2 em 100 ml de água destilada; o pH é ajustado ao valor 3,1 com uma solução de soda a 2 % e para uma temperatura de ensaio de 20° C. É também, dos mesmos autores, uma solução saturada de sulfato de cobre à qual se adicionou ácido sulfúrico até à viragem do alaranjado de metilo a vermelho escuro (pH = 1,1). Para esta solução aconselham a temperatura de ensaio de 10° C e a duração de imersão de 30 s.

O controle da concentração é fàcilmente realizado antes de cada utilização pelo valor do peso específico da solução à temperatura de ensaio. Assim à solução geralmente utilizada e que igualmente adoptamos, corresponde a densidade de 1,170 $\pm$ 0,002 a 20° C.

Uma vez obtida a solução torna-se necessário neutralizar a acidez livre por meio dum neutralizante sendo os mais aconselhados o óxido, o hidróxido ou o carbonato de cobre. Tendo-se efectuado a determinação do pH de soluções de sulfato de cobre depois de adições daqueles neutralizantes verificou-se que a acidez é variável segundo o sal de cobre utilizado conforme se verifica no Quadro IX.

Destes valores infere-se que os valores de pH obtidos com qualquer dos neutralizantes ensaiados se encontra na zona de viragem do alaranjado de metilo (3,1 — 4,4) e que com o hidróxido de cobre se obtêm os valores mais altos. Assim deverá utilizar-se este neutralizante e para controle da acidez o referido indicador. No entanto, o óxido cúprico dando valores idênticos tem a vantagem de se decantar com mais facilidade devido à sua densidade elevada em relação à da solução.

Deve, ainda, notar-se que o valor do pH depois

QUADRO IX

Valores de pH conforme o neutralizante utilizado

Sem neutralizante	Com OCu	Com $(OH)_2Cu$	Com CO_3Cu
2,9	3,8	3,7	3,6
3,1	4,0	4,1	3,8
3,3	4,0	4,1	3,7
3,3	4,1	3,9	3,8
3,2	3,9	4,0	3,7

da adição do neutralizante não se mantém constante donde a necessidade do seu controle antes da utilização de solução armazenada.

A fig. 12 exemplifica o que se passa quando se neutraliza com o óxido de cobre; o valor do pH da solução atinge um máximo no primeiro período de contacto devido à neutralização do ácido livre e depois diminui gradualmente com formação dum precipitado branco insolúvel, que se pensa ser formado de sulfatos básicos de cobre, por exemplo, SO_4Cu, 2OCu, $2OH_2$(14).

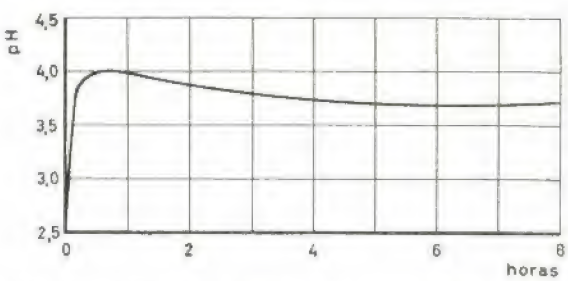


Fig. 12 — Variação do valor do pH da solução de Preece em função do tempo de contacto com o O Cu. (segundo Walkup e Groesbeck)

A quantidade de neutralizante necessária à saturação da solução é, aproximadamente de 1 a 2 g por litro de solução mas deve ser sempre adicionado em excesso. A solução deve permanecer 48 horas em contacto com o neutralizante sendo depois decantada ou filtrada e conservada em frascos permitindo o acesso do ar devendo o pH ser verificado periòdicamente. Deverá também evitar-se a presença de despolarizantes ou cloretos.

c) — *Condições de utilização e de ensaio* — Factores diversos como volume da solução, temperatura do ensaio, posição da amostra e número de vezes de utilização duma mesma solução devem igualmente ser bem definidos.

— Assim, o volume da solução deve ser suficiente para que se possam desprezar as variações de densidade e o recipiente onde se deita a solução de sulfato de cobre e onde se conduz o ensaio deve ter dimensões tais que o provete se encontre bastante afastado das paredes. O volume da solução deve ser suficiente para que se possam desprezar as variações de densidade no seu seio.

— Quanto à temperatura da solução durante o ensaio, o seu aumento trás como consequência directa o aumento de velocidade de dissolução do zinco; a curva indicada na fig. 13 mostra essa variação segundo M. Ballay e Grilliat. Como se deduz da figura a velocidade aumenta de 10 % quando se passa de 17° para 20° C; uma vez que o ambiente de ensaio não é climatizado os erros podem ser superiores, o que provoca alteração do número de imersões. Por outro lado, o aumento de temperatura diminui a aderência do depósito de cobre segundo Walkup e Groesbeck.

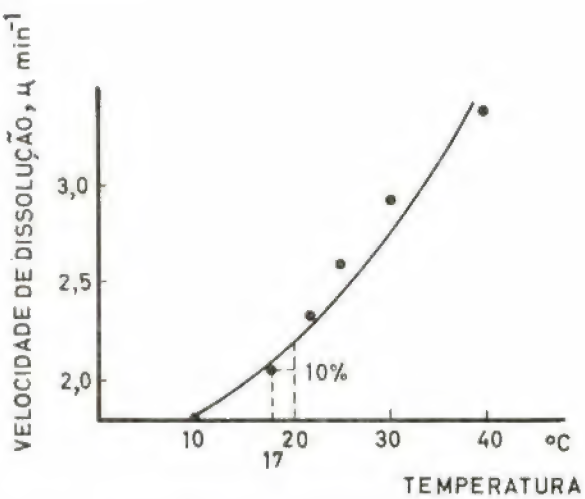


Fig. 13 — Variação de velocidade de dissolução do zinco na solução de sulfato de cobre em função da temperatura. (segundo Ballay e Grilliat)

Estes factores tornam então necessária a fixação duma temperatura determinada de ensaio. Se se atender à temperatura média que se verifica no nosso país considera-se que a temperatura aconselhável seria de 20° C a fim de permitir uma facilidade de controle da temperatura de ensaio

quer de inverno quer de verão e para um máximo de tolerância de ± 2° C.

— Para o limite de utilização da solução tem, dada a base do método — constância da velocidade de dissolução do zinco — considerável importância a quantidade de zinco que passou à solução visto que a velocidade de dissolução do zinco na solução de sulfato de cobre varia com a quantidade de zinco dissolvido, fig. 14. Como consequência a solução deve ser considerada inutilizável a partir duma certa concentração em zinco dissolvido; a velocidade de dissolução baixa de cerca de 50 % quando a concentração em zinco na solução é de 25 g/l. Esta influência de zinco dissolvido torna necessário fixar um número de imersões admissíveis para a solução em uso; esse número deve ser o menor possível tendo no entanto, em conta o problema económico da sua utilização. Ensaios realizados com arames zincados levam a admitir um valor de compromisso de 6 imersões, isto é, ao fim de 6 imersões de 1 minuto cada uma, a solução deve ser considerada esgotada.

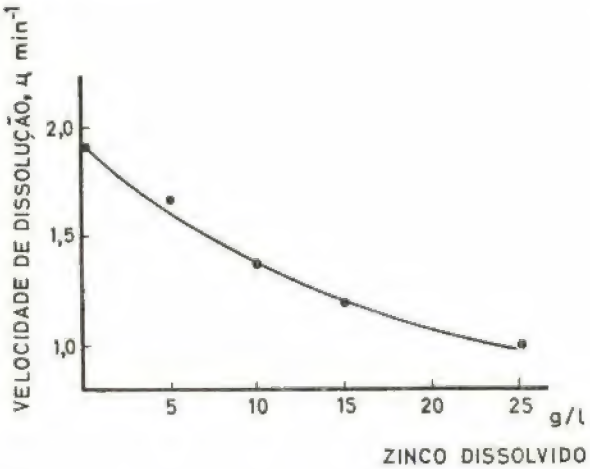


Fig. 14 — Variação da velocidade de dissolução do zinco na solução de sulfato de cobre em função do empobrecimento da solução em iões cobre. (segundo Ballay e Grilliat)

Cabe aqui anotar que a velocidade de dissolução do revestimento de zinco varia muito com a sua estrutura dependendo, portanto, do processo utilizado na aplicação do revestimento. Groesbeck e Walkup propuseram uma correspondência na duração de cada imersão para os diversos revestimentos de zinco:

— 55 segundos para a metalização à pistola;
— 60 segundos para a deposição electrolítica;
— 80 segundos para a zincagem por imersão a quente;
— 120 segundos para a zincagem por imersão a quente com recozido.

— A posição da amostra quando imersa na solução de sulfato de cobre tem também influência na velocidade da dissolução. Uma série de ensaios efectuados por aqueles autores com placas de zinco laminado permitiu obter os seguintes valores:

— Posição vertical da amostra: velocidade da dissolução de 2 μ/minuto;
— Posição horizontal: face inferior — velocidade 2,5 μ/minuto;
— Posição horizontal: face superior — velocidade 2,8 μ/minuto.

Este facto mostra a necessidade de fixar uma posição determinada para o provete quando imerso na solução de sulfato de cobre. É assim aconselhável para o ensaio a posição vertical visto que na horizontal parece haver diferenciação na dissolução em cada uma das faces.

d) — *Falsos pontos finais* — Considera-se *ponto final* o aparecimento de cobre brilhante aderente sobre o metal base, mas se essa deposição de cobre se dá sobre o revestimento ou não fica aderente sobre o metal base diz-se que existe um *falso ponto final.*

Este facto constitui um dos defeitos apontados ao método de Preece e é atribuído essencialmente a três factores: variação na natureza do revestimento de zinco, variação na solução de sulfato de cobre empregada, e manipulação durante o ensaio.

Uma importante série de experiências levadas a efeito por Walkup e Groesbeck sobre provetes de diferentes tipos de revestimentos de zinco mostraram a influência preponderante do pH e e das diferenças de potencial, além doutras variáveis como estado da superfície, concentração da solução de sulfato de cobre, duração da imersão, temperatura e grau de agitação.

Os autores referidos obtiveram experimentalmente três tipos de falsos pontos finais: um por deposição electrolítica e dois por deposição mecânica de partículas de cobre esponjosas no

revestimento de zinco, principalmente, devido a uma camada de sais de zinco que se forma entre o revestimento e o depósito de cobre esponjoso.

Em ensaios electroquímicos realizados, verificaram, por exemplo, que determinando a variação do potencial em função da duração de imersão pode obter-se a curva A da fig. 15; o ponto anguloso da curva corresponde à formação dum depósito escuro que provoca falsos pontos finais. Pode concluir-se, portanto, que se a duração da imersão permitir alcançar a região *abc* da curva, o depósito não se tornará aderente. Por outro lado, o aumento do teor em ferro do revestimento faz tender a curva A para a curva B eliminando-se assim o ponto anguloso. Assim um revestimento electrolítico tenderá a apresentar uma curva do tipo A enquanto que o de imersão a quente dará a curva do tipo B.

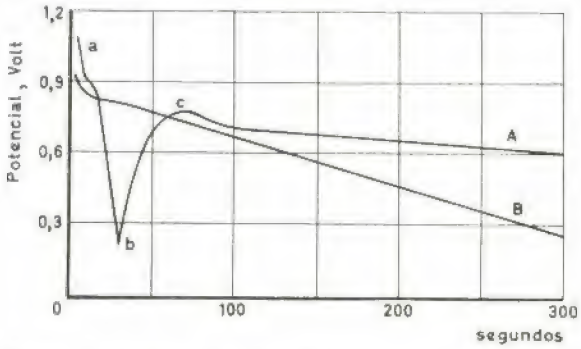


Fig. 15 — Variação do potencial com o tempo de imersão de provetes de arame de zinco — curva A; de ferro zincado por imersão a quente — curva B (segundo Walkup e Groesbech)

Todas as tentativas por métodos químicos ou electroquímicos tendentes a evitar o aparecimento do depósito negro que provoca falsos pontos finais foram inúteis; apenas a sua remoção durante a lavagem conduz a resultados práticos satisfatórios.

Verificou-se, ainda, que a duração de imersão de um minuto não é suficiente para provocar o aparecimento do mínimo potencial, para os revestimentos ricos em zinco, mas já o torna possível em revestimentos de baixo teor em zinco.

Outros ensaios mostraram que a presença de cloretos ou óxidos de azoto na solução de sulfato de cobre provoca depósitos de cobre não aderentes. Pelo contrário a presença de sais contendo um ião comum, por exemplo, sulfato de sódio mantém o depósito de cobre aderente por mais tempo.

Salienta-se, ainda, que o abaixamento de teor da solução favorece a aderência do depósito e que a imersão de 60 s dá bons pontos finais para revestimentos obtidos por imersão em zinco fundido e para um valor do pH próximo de 3.

Em algumas especificações encontram-se indicações sobre o procedimento a seguir a fim de evitar os falsos pontos finais. Assim a norma AFNOR NF A-91-121 aconselha a deposição duma gota de ácido clorídrico sobre o cobre depositado:

se se produz uma forte efervescência, devido ao ataque de zinco, trata-se efectivamente dum falso depósito; se não se produz efervescência, trata-se dum verdadeiro ponto final, isto é, depósito de cobre aderente sobre o metal base.

Estes falsos pontos finais podem ocorrer também em amostras cujo depósito de zinco está muito oxidado. A mesma norma aconselha um tratamento correctivo a aplicar às amostras nestas condições, excepto para os fios. O tratamento consiste em proceder a uma decapagem em ácido sulfúrico (35 g de ácido por litro) durante 15 segundos. Deste modo elimina-se a possibilidade de aparecimento de falsos pontos finais devido a substâncias existentes à superfície do revestimento mas não exclui os que são devidos a outras causas. Uma decapagem prévia é também aconselhada pela especificação ASTM utilizando uma solução de 1 parte de amónia para 9 partes de água em volume durante uma imersão de 3 minutos.

A fim de concluir do interesse de uma ou outra das soluções apresentadas nestas normas ensaiaram-se provetes de chapa zincada de de 50 × 50 mm mergulhando-os nas soluções atrás indicadas. Os resultados estão resumidos no Quadro X e da sua apreciação verifica-se

QUADRO X

Perda de pêso sofridas, por imersão de provetes de chapa zincada, de 50 × 50mm

SO_4H_2 a 35 g/l				$OHNH_4$ 1 : 9	
Tempo 15 s		Tempo 3 minutos		Tempo 3 minutos	
Perda de pêso por chapa	Perda g/dm^{-2}	Perda de pêso por chapa	Perda g/dm^{-2}	Perda de pêso por chapa	Perda g/dm^{-2}
0,006	0,012	0,014	0,028	0,0012	0,0024
0,012	0,024	0,016	0,032	0,0018	0,0036
0,008	0,015	0,014	0,028	0,0012	0,0024

que a imersão em ácido sulfúrico, mesmo de certa duração, dá perdas bastante maiores que quando se emprega uma solução de amónia. No caso de tubos zincados algumas especificações, por exemplo, BS 729 : 1961, indicam uma imersão em ácido sulfúrico antes de mergulhar o provete no sulfato de cobre. Para os fios zincados as soluções preventivas só devem ser usadas em caso de dúvida.

III. 3 — *Aderência*

A aderência dos revestimentos de zinco depende como já se viu da estrutura deste e consequentemente do seu processo de aplicação.

Estudos da aderência e flexibilidade realizados para os revestimentos de zinco obtidos por imersão a quente (2) — caso mais geral — forneceram os elementos que se indicam a seguir para cada uma das cinco zonas que se encontram na camada do revestimento:

— camada de zinco puro;
— interface zinco puro/liga ferro-zinco;
— camada-liga;
— interface camada-liga/ferro-base;
— metal base.

Na primeira camada, as fissuras são muito raras e só ocorrem se existir ou se adicionar qualquer substância ao banho que reduza a flexibilidade do zinco puro. Entre as substâncias que têm este efeito cita-se o óxido de zinco, cádmio, chumbo, eutectóide Sn/Zn e inclusões de cristais de ferro/zinco. Por esta razão em fios a que se exija grande flexibilidade só se deve admitir o máximo de 0,05 % de chumbo e 0,01 % de cádmio no revestimento.

Pelo contrário, entre a camada de zinco e a camada de liga, podem ocorrer fissuras com relativa facilidade, em virtude do coeficiente de dilatação do zinco ser três vezes maior que o do ferro. Uma técnica usual para evitar a separação destas camadas consiste em arrefecer ràpidamente as folhas zincadas, técnica aliás que favorece a fissuração da camada de liga.

Quanto à zona da liga ferro-zinco, ela é a verdadeira responsável da boa aderência destes revestimentos de zinco. As camadas de liga formadas a partir da fase δ_1 são pouco flexíveis o que explica a ocorrência de fissuras. É também muito importante, a sua composição, pois a aderência é muito fraca na ausência do composto $Fe\,Zn_7$, de estrutura hexagonal ou na presença de uma camada de cristais monoclínicos, muito desenvolvidos do composto $Fe\,Zn_3$.

A velocidade de arrefecimento condiciona também o aparecimento de fissuras que serão tanto mais frequentes quanto menor o gradiente de arrefecimento.

Sabe-se também, que, quando o ferro base contém muitos sais de ferro provenientes da decapagem, o revestimento é pouco aderente porque estes sais permanecendo na camada-liga conferem-lhe fraca flexibilidade. A passagem por areia após o ataque ácido ou uma prézincagem parecem eliminar este inconveniente.

O alumínio, muitas vezes adicionado ao banho de zincagem, parece impedir a reacção entre o metal base e o zinco, provocando a fissuração entre a camada liga e o ferro base.

Quanto à influência da composição do metal base, as opiniões não são unânimes, mas parece difícil obter revestimentos de aderência satisfatória em ferro ou aço extra macio. Todavia verificou-se que fios com 0,06 % de C, por exemplo, podem apresentar um revestimento muito flexível que parece, no entanto, melhorar com um aumento da percentagem de carbono, a existência do azoto e pequenas percentagens de fósforo.

Ensaios — Como é evidente, o revestimento será tanto mais flexível quanto menos espesso for e, assim, dado que o seu objectivo final é a protecção do ferro contra a corrosão, a qual será proporcional à espessura, deverá ser necessário, então, uma solução de compromisso entre a espessura e a existência ou não de fissuração. Entre estes dois factores e, desde que as fissuras não comprometam o revestimento, deve dar-se preferência a uma maior espessura, dado o carácter anódico do revestimento de zinco em relação ao ferro.

Os ensaios a realizar para determinar o grau de aderência e flexibilidade dos revestimentos só são efectuados, em geral, nos casos em que se prevê que as peças zincadas irão ser sujeitas a esforços de dobragem. Este ensaio tem, portanto, particular interesse para chapas de fraca espessura e fios.

Os ensaios usuais são qualitativos e destrutivos, distinguindo-se os seguintes:

a) — *Dobragem da peça ou enrolamento em torno de um mandril de diâmetro conveniente e exame da superfície convexa.* O critério de apreciação dos resultados é difícil de fixar embora se possa afirmar que a protecção pelo revestimento só se torna precária quando as fissuras que ocorrem na superfície dobrada sejam suficientemente abertas para expor o metal base; pequenas fissuras com o aspecto de «bolhas» ou «escamas» não devem, portanto, ser consideradas como resultados negativos. A velocidade com que se efectua o ensaio assim como a temperatura são factcres determinantes dos resultados pelo que se torna necessário a sua indicação, particularmente da primeira. A chapa é dobrada a 180° não devendo a superfície apresentar qualquer fissura a mais de 5 mm das extremidades.

No caso dos fios, são enrolados, em geral, num mandril cujo diâmetro está relacionado com o diâmetro dos fios, a uma velocidade determinada, por exemplo, 15 voltas por minuto, A fig. 16 regista o aspecto de fios com revestimentos de fraca aderência, após este ensaio.

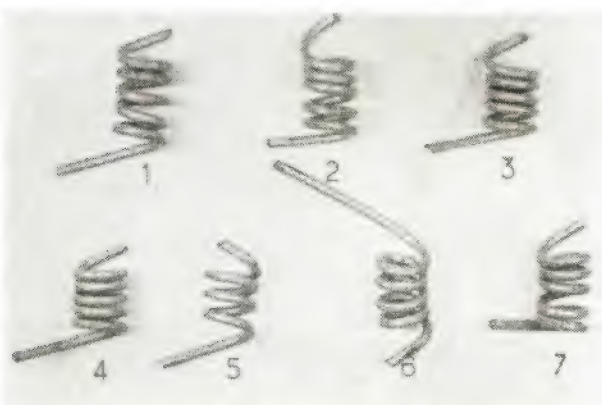


Fig. 16 — Ensaio de aderência por enrolamento, em fios zincados.

b) — Outros meios de avaliar a aderência baseiam-se na acção de choque dum martelo (caso dos tubos) ou na remoção ou não, do revestimento quando se grava até ao metal base um quadriculado na sua superfície.

III. 4 — *Porosidade*

Como se viu nas considerações feitas sobre a porosidade a sua importância no caso do revestimento anódico é bastante reduzida.

Desde que essa porosidade não seja considerável — e é o caso corrente, dos revestimentos de zinco — o papel protector deste metal como ânodo sacrificado, evita o perigo que daí poderia advir para o ferro.

A sua avaliação no caso do revestimento de zinco pode efectuar-se com o método electrográfico que consiste na aplicação duma f.e.m. externa que favoreça a ionização do metal base que será então detectado por reagente específico aplicado na superfície do revestimento.

Como resultado imediato do estudo feito e dos ensaios realizados foi elaborado um projecto de especificação relativo aos métodos de ensaio para determinação da massa de zinco por metro quadrado e avaliação da uniformidade do revestimento e aderência do mesmo para chapas, tubos e fios.

BIBLIOGRAFIA

(1) — G. V. Akimov — «Téorie et Methods d'Essais de la Corrosion des Métaux», 1957, Paris Dunod.

(2) — R. M. Burns and A. E. Schuh — «Protective Coatings for Metals», 1930, U. S. A., Reinhold Publishing Corporation.

(3) — 3ème Colloque de Métarlugie sur la Corrosion — 1959.

(4) — Courrier de la Normalisation — «Le controle de la qualité de Revêtements Métaliques» Révue de la Association Française de Normalisation n.º 105 — Maio-Junho de 1952, Marcel Ballay.

(5) — G. L. Cox, «Ind. Eng. Chem», 23, 902 — 1931.

(6) — J. R. Daesen — «Galvanizing Handbook», 1946, U. S. A., Reinhold Publishing Corporation.

(7) — A. Kenneth Grahm — «Electroplation Engineering Handbook», 1955, New York, Reinhold Publishing Corporation

(8) «General Galvanizing, Manual of Good Pratice», Ed. Hot Dip. Galvanizers Ass. 1957.

(9) — J Am. Chemical Soc. — vol. 53-1931.

(10) — Korr. Met. 9, 30 — 1933.

(11) — «La Corrosion aux hautes temperatures» — Centre le lutte contre la corrosion. Paris.

(12) — J. Mc Kay and R. Worthington — «Corrosion Resistance of Metals and Alloys», 1936, New York, Reinhold Publishing Corporation.

(13) — D. J. Mananghtam — «Some differences between the structure of electroped posited and hot-dipped metal coatings» London, May, 1937.

(14) — «Procedings of the American Society for Testing Materials — vol. 32-1932, Philadelphia, A. S. T. M

(15) — «Révue de la Société Royale Belge des Ingenieurs et des Industriels», n.º 9/10 Septembre — Octobre, 1956.

(16) — Frank N. Speller — «Corrosion · Causes and Prevention» New York and London, Mc. Graw-Hill Book Campany.

(17) — H. A. Stacy — «Am. Inst. Mining Met. Eng.» 1962.
(18) — «Surface Protection against wear and corrosion» — A. S. for Metals 1953.
(19) — Fritz Tödt — Corrosion y Proteccion. Aguilar Madrid 1959.
Mikroskopiche Bestimmung der Schichtdicke — norma D I N 50950.
(20) — O. P. Watts, Trans. Electrochm. Soc. — 66, 259 — 1935.

ESPECIFICAÇÕES

A.S.T.M. - A 90-53 — «Test for Weight of Coating on Zinc — Coated (galvanized) Iron or Steel Articles».
A.S.T.M. - A 239-41 — «Test for Uniformity of Coating by the Presce Test (copper sulphate Dip) on Zinc-Coated (galvanized) Iron or Steel Articles».
Australian Standard No. K. 53-1960
«Test Zinc Coating on Hot Dip galvanized Articles».
B. S.-443-1939 e B. S. 1961 — «Galvanized Coatings on Wire».
B.S. -729 : 1959 — «Copper Sulphate Test and visual Examination of Dip Hot Galvanized and Sherardized Coatings».
B. S. - 729 : Part 1 : 1961 — «Zinc Coatings on Iron and steel Articles»
«Part 1 : Hot-dip : Galvanized Coatings».
B. S. - 729 : Part 2 : 1961 — «Zinc Coatings on Iron and steel Articles»
«Part 2 : Hot-dip : Sherardized Coatings».
DIN - 51.213 - 1952 — «Prüfung Von Drähten Metallische Überzüge»
D. G. N - B. 9 - 1960 — «Laminas de Hierro o Acero, Negras y galvanizadas».
Israel Draft Sandard-No. 135/2-February 1957 — «Electroplated Coatings of Zinc on Ferrous Metals».
A F N O R - N. F. - A 91 - 121-Juin 1958 — «Galvanisation (à chaud) (imersion dans le zinc fondu)».
V.D.E. - 0210 p 5.54 — «Vorsechriften für den Bau von Starkstiom — Freileitungen».

I. N. I. I. — PRODUTIVIDADE

PROGRAMA DE FORMAÇÃO E APERFEIÇOAMENTO EM TÉCNICAS DE DIRECÇÃO, GESTÃO E ORGANIZAÇÃO DE EMPRESAS

(1962-1963)

	Cursos e Seminários	Duração	Data	Interessa a:
DIRECÇÃO	Direcção de Empresas	40 H.	28 Jan.-1 Fev. 1963	A,D
	Políticas e Programa de Investimentos	40 H.	6-10 Maio 1963	A,D
	Tableau de Bord	21 H.	3-5 Junho 1963	A,D
	Estruturas de Empresas	21 H.	25-27 Março 1963	A,D
	Condução de Reuniões	35 H.	11-15 Fevereiro 1963	A,D
	Experiências de Gestão (Business Games)	21 H.	11-13 Março 1963	A,D
PROBLEMAS HUMANOS	Problemas Humanos na Empresa	21 H.	8-10 Novembro 1962	A,D
	Selecção, Orientação e Notação do Pessoal	21 H.	4-8 Março 1963	D,E
	Gestão do Pessoal	35 H.	19-23 Novembro 1963	D,E
	Valoração do Trabalho e Remuneração	21 H.	18-20 Março 1963	D,E
	Formação e Aperfeiçoamento do Pessoal	21 H.	15-17 Abril 1963	D,E
	Condições do Trabalho e Prevenção de Acidentes	21 H.	30 Maio - 1 Junho 1963	D,E
GESTÃO	Gestão Provisional e Controlada de Empresas	35 H.	5-10 Novembro 1962	D,E
	Aplicação Prática do Controle Orçamental	35 H.	11-15 Março 1963	D,E
	Gestão Financeira da Empresa	35 H.	22-26 Abril 1963	D,E
	Estatística Aplicada à Empresa (I parte)	35 H.	10-14 Dezembro 1962	D,E
	Estatística Aplicada à Empresa (II parte)	35 H.	13-17 Maio 1963	D E
	Investigação Operacional Aplicada à Empresa	35 H.	4-8 Fevereiro 1963	D,E
	Organização Prática do Trabalho Administrativo	35 H.	26-28 Nov. e 3-5 Dez. 1962	D,E
ORGANIZAÇÃO COMERCIAL	Organização e Gestão Comercial	35 H.	3-7 Dezembro 1962	A,D,E
	Estudo do Mercado	35 H.	7-11 Janeiro 1963	D,E
	Estudo dos Circuitos de Distribuição	21 H.	24-26 Janeiro 1963	D,E
	Elaboração da Política Comercial na Empresa	35 H.	22-26 Abril 1963	A,D,E
	Selecção, Formação e Aperfeiçoamento dos Vendedores	35 H.	20-24 Maio 1963	D,E
	Promoção de Vendas	21 H.	6-8 Junho 1963	D,E
	Organização do Serviço Comercial	21 H.	17-19 Junho 1963	D,E
	Aplicação dos Métodos Comerciais à Exportação	21 H.	1-3 Abril 1963	A,D,E
ORGANIZAÇÃO DA PRODUÇÃO	Organização da Produção	35 H	26-30 Novembro 1962	A,D,E
	Estudo do Trabalho (I parte)	40 H.	21-26 Janeiro 1963	D,E
	Estudo do Trabalho (II parte)	40 H.	27 Maio - 1 Jun. 1963	D,E
	Planeamento e Controle da Produção	35 H.	25-29 Março 1963	D,E
	Aprovisionamento e Gestão de Stocks	35 H.	17-21 Dezembro 1962	D,E
	Controle Estatístico de Qualidade	35 H.	29 Abril-3 Maio 1963	D,E
	Organização de um Serviço de Conservação	28 H.	3-5,7 Janeiro 1963	D,E
	Técnicas de Implantação e Movimentação	21 H.	21-23 Março 1963	D,E
POR SECTORES INDUST.	Preparação do Trabalho (Indústria Metalomecânica)	35 H.	15-19 Abril 1963	D,E
	Cálculo do Custo de Fundição (Indústria de Fundição)	21 H.	4-6 Abril 1963	D,E
	Organização da Distribuição dos Produtos Alimentares	21 H.	13-15 Maio 1963	A,D,E

A — Administradores D — Quadros Directivos E — Quadros Especializados

— Os Cursos e Seminários, realizar-se-ão em Lisboa. Porto e Coimbra, consoante haja um número suficiente de inscrições em cada uma destas cidades.

— O Serviço de Produtividade do I. N. I. I., Rua de S. Domingos à Lapa, 117-3.º, fornecerá às pessoas interessadas em frequentar estes cursos, programas detalhados com todas as indicações necessárias.

BIBLIOTECA

LIVROS NOVOS

C. D. U. 621.3.001.572

Os modelos Reduzidos em Electrotecnia — *Franklin Guerra.*

Neste livro o autor começa por dar um enquadramento histórico dos modelos reduzidos, passando a expôr, na generalidade, a teoria da Análise Dimensional e a Teoria da Semelhança.

É feito em seguida o estudo da teoria dos modelos electromagnéticos sendo dados ao longo do livro alguns exemplos práticos, como sejam modelos de linhas de transporte de energia, de antenas, de transformadores, de alternadores, etc.

C. D. U. 624.04

Le Calcul pratique des constructions à enertie variable — *Pierre Charon.*

Esta obra consta de 4 partes:

Na 1.ª parte o autor faz o estudo de vigas de secção variável, estabelecendo várias fórmulas que interessam ao seu cálculo em especial para vigas de esquadro parabólico, circular, com variação contínua do momento de inércia; em T, etc.

Na 2.ª parte oferece-nos a obra alguns métodos de cálculo para construções hiperstáticas em especial pórticos.

A 3.ª parte contém algumas aplicações numéricas, como seja a determinação das linhas de influência dos momentos relativos aos apoios para vigas e pórticos contínuos e de secção variável.

Para terminar na 4.ª parte depara-se-nos um conjunto de tabelas e ábacos de grande utilidade para a resolução de problemas relativos aos assuntos tratados nas duas primeiras partes da obra.

C. D. U. 624:69 (06.055)

Building Research and Documentation — *Edição da Elsevier Publishing Company — Amsterdam.*

Este livro contém capítulos seleccionados de dez diferentes assuntos que foram incluídos no programa do I Congresso do C.I.B., realizado em Setembro de 1959, em Roterdão, na Holanda e apresenta os pensamentos mais modernos sobre muitos problemas relacionados com a crescente expansão da indústria de construção.

Os assuntos versados são:

1) Aspectos funcionais e sociológicos do projecto de edifícios.
2) Projectos e cálculos de construções: factores de segurança.
3) Dimensionamento do terreno de construção, controle de dimensões e tolerâncias.
4) Problemas de investigação respeitantes a grandes elementos de betão na construção de edifícios.
5) Blocos habitacionais no rápido desenvolvimento de áreas subtropicais e tropicais.
6) Telhados planos.
7) Aspectos fundamentais da transmissão do conhecimento.
8) Isolamentos térmicos e efeitos da humidade.
9) Industrialização da construção de edifícios.
10) Operações de Investigação.

C. D. U. 625.7 + 629.139 (030.8)

Vocabulário de Estradas e Aeródromos.

«A organização desta obra pode resumir-se no seguinte:

— Os termos encontram-se agrupados por assuntos; facilita-se no entanto a consulta da obra através de uma ordenação alfabética, que inclui os termos correspondentes em francês, inglês e alemão.

— A fim de ser conseguida a necessária uniformização e unificação da terminologia sem contudo criar dificuldades aos leitores, quando a um conceito se têm aplicado várias designações consagradas pelo uso, fez se o registo de todas elas mas deu-se preferência à que se menciona em primeiro lugar na ordenação temática.

— Além da ordenação alfabética portuguesa, incluiram-se listas de termos em francês, inglês e alemão.»

(Do prefácio da 4.ª edição)

FICHEIRO

Classificadores responsáveis:

J. M. Viegas Gonçalves, A. Romão Dias J. F. Gomes de Pina, F. G. Knopfli Batoréo, R. Gentil Berger e J. L. F. Sousa Oliveira

---

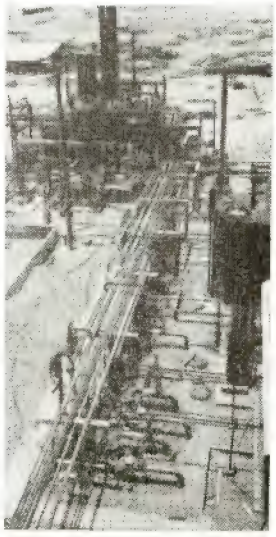
Recortar as indicações bibliográficas que formam uma ficha e estão encimadas por CDU (Classificação Decimal Universal).

Colar cada referência num pequeno rectângulo de cartolina de 75 × 125 mm.

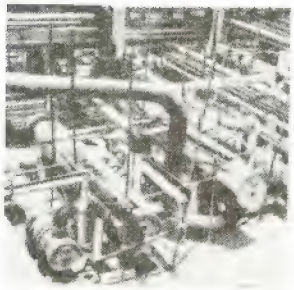
A HISTÓRIA DAS CONDUTAS — UMA REF

Condutas entre o posto de Kiamari e o cais.

Bomba principal da refinaria; caldeiras e desgasificadores ao fundo.



Condutas entre dois parques de depósitos e as suas bombas.



Trabalho de isolamento nos permutadores e condutas da área de operações da refinaria.

KELLOGG INTERNATIONAL CORPORATION

62/72 CHILTERN STREET — BAKER STREET

LONDON W. 1, ENGLAND

ELLOGG DE 1962

ARIA EM PROGRESSO NO PAQUISTÃO

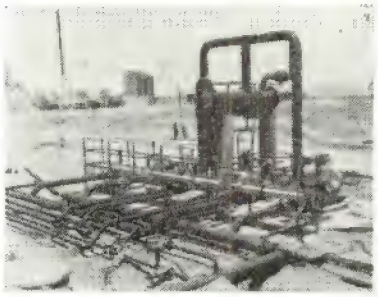
Panorâmica da refinaria — depósitos de água e de petróleo bruto à esquerda; área de operações à direita; edifícios da administração ao fundo.

O Paquistão está a construir a sua primeira grande refinaria para petróleo importado em bruto. A Kellogg International Corporation tem a seu cargo a maior parte do planeamento, procura de equipamento em todo o mercado mundial, e a actual construção deste projecto.

Depois do posto de Kiamari, as condutas ramificam-se para os vários pontos de fornecimento.

Os aspectos essenciais deste aglomerado serão a eficiência de operação e manutenção, capacidade para uma futura expansão e um custo óptimo em face do elevado padrão do planeamento dentro de um máximo de segurança. A refinaria está localizada a cerca de 13 km a sudeste de Carachi Consistirá uma unidade de destilação em bruto, um *hydrotreater*, uma unidade fraccionamento catalítico e o necessário equipamento auxiliar. O equipamento de bombagem e armazenagem do posto de recepção e distribuição da refinaria, ficará situado a 13 km do porto de Kiamari.

A organização Kellogg orgulha-se de ser o meio através do qual este contrato está a ser executado.



Bombas do petróleo bruto com as suas turbinas exaustoras, condensadores de vapor e condutas. Área de operações ao fundo.

Detalhes Importantes

Proprietários:	Pakistan Refinery Limited.
Accionistas:	Burmah Oil Co.; Caltex; Shell; Esso Eastern; e accionistas paquistaneses.
Coordenadora:	Bataafse Internationale Petroleum Maatschappij, N. V.
Produtos:	Gasolina, combustível para jactos, querosene, gasóleo, fuel oil.
Conclusão:	fins de 1962.

KELLOGG

Uma subsidiária de The M. W. Kellogg Company, New York.
Outros escritórios Kellogg em:

Toronto
Paris
Buenos Aires
Rio de Janeiro
Dusseldorf

Ordenar pelos índices decimais, *começando da esquerda para a direita,* independentemente do número de algarismos que o índice contiver, e respeitando a seguinte regra de arrumação dos sinais auxiliares:

+ / n.os simples : [ ] = (01/09) (1/9) (=) " "A/Z — .0 .00

Consultar, em casos duvidosos, a exemplificação inserida na «Técnica» n.º 218 e seguintes, ou recorrer à Biblioteca da A. E. I. S. T.

Notar que a inserção das fichas nesta publicação respeita a ordem correcta, no intuito de a esclarecer o mais possível.

A comodidade de possuir no próprio local de trabalho um arquivo ordenado e de fácil consulta sobre assuntos que se sabe onde existem, é uma das evidentes vantagens de um ficheiro classificado segundo a CDU.

Os assuntos de que estas fichas são referência ficam patentes à consulta a partir desta data.

LIVROS

C. D. U. 31 : 382 (673)

Comércio Externo — 1959 — *Repartição de Estatística Geral.*

Imprensa Nacional — Luanda, vol. 2, págs. 257+477.

C. D. U. 31 : 621.31 (469)

Estatística das Instalações Eléctricas em Portugal — 1959.

Imprensa Nacional — Lisboa, 1960, vol. 1, págs. 378.

C. D. U. 31 : 65 (469)

Estatística Industrial — *Instituto Nacional de Estatística.*

Imprensa Nacional — Lisboa, 1958, vol. 1, págs. 407

C. D. U. 31 (058) (679)

Anuário Estatístico — Moçambique 1958 — *Repartição de Estatística Geral.*

Imprensa Nacional de Moçambique, 1960, vol. 1, págs. 636.

C. D. U. 338.011 : 65.011 (012)

Primeiro Ciclo de Conferências sobre Produtividade

I. N. I. I., 1960, vol. 1, págs. 229.

C. D. U. 669 35.5

Equilibrium Diagrams of Binary Copper Alloys — *Copper Development Association.*

1958, vol. 1, págs. 55.

C. D. U. 669.35.71

Aluminium Bronze — C. D. A.

Copper Development Association, 1958, vol. 1, págs. 172

C. D. U. 669.586.6

Sherardizing — *«Metallurgist».*

1957, vol. 1, págs. 62.

ARTIGOS DE REVISTAS

C. D. U. 517.923.4

A class of Solved Riccati's Equations — *Iwao Sugai.*

I. T. T., 1961, vol. 37, n.º 1, pág. 56.

C. D. U. 620.17 : 624.043

L'évolution des méthodes de calcul — *Jean Duttreil.*

Acier-Stahl-Steel, 9-962, n.º 9, pág. 401-405.

C. D. U. 621.3.015.532.001.4

Salle de mesure de l'effet de couronne — *Nyfors, B.*

Asea-Revue 33 (1961) : 2, pág. 68-70.

C. D. U. 621.311.027.3

High Voltage Power Transmission Systems — *C. H. Flurschein.*

A. E. I. Engeneering, 1-961, vol. 1, n.º 1, pág. 3-5,

C. D. U. 621.311.21 : 621.67 (43-314)

The Happurg Pumped-storage Station — *Gerd Lottes.*

Siemens Review 27 (1960), pág. 205-211 ; 11 figuras e bibliografia.

C. D. U. 621.311.21 (234.539)

La centrale hydraulique de la vallée de l'Oker, dans le Harz du Nord — *Wilhelm Thorwarth et Karl Müller.*

Revue Siemens 17 (1959), pág. 266-274, 9 figs., 1 tab.

C. D. U. 621.313.333.2 : 621.869.62

Moteurs triphasés à cage pour la commande des grues à bord des navires — *Wolfgang Harders.*

Revue Siemens 18 (1960), pág. 57-60, 3 figuras.

C. D. U. 621.314.21

Substation Transformers Suitable for the Direct Connection of Cables — *Hermann Adolph.*

Siemens Rexiew 28 (1961), pág. 347-349, 3 figuras.

C. D. U. 621.314 21 : 534.837

Moyens destinés à réduire le bruit des transformateurs — *Spallanzani G.*

Rev. Brown Boveri, t. 49 (1962), n.º 3/4, pág. 105-112, 10 figs., 1 tab., 7 ref. bibl.

C. D. U. 621.314.21 : 621.314.6

Transformateurs de redresseurs pour fortes intensités de courant — *Pelikan, T. et J. Isler.*

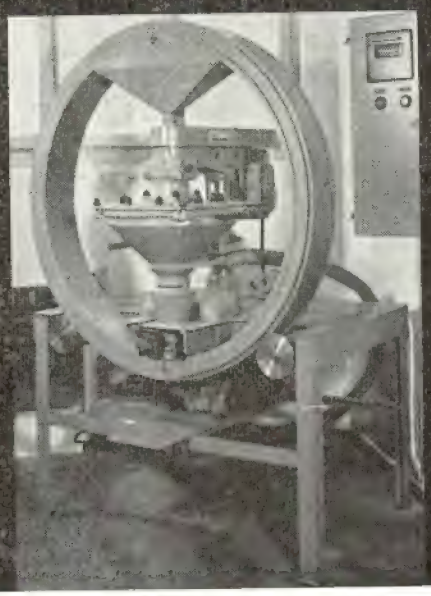
Rev. Brown Boveri, t. 48 (1961), n.º 3/4, pág. 215-228, 20 figs., 5 ref. bibl

Os ensaios de abrasivos: fonte de economias

+GF+

Os abrasivos metálicos de todos os géneros abundam no mercado. Uma prova objectiva destes custosos produtos impõese para estabelecer se eles correspondem ao fim visado.

Prospectos detalhados da nova instalação +GF+ de ensaio de abrasivos será enviada sob pedido.



Georges Fischer Sociedade Anónima, Schaffhouse (Suiça)

Telescriptõr: 52915 geofischer schf

Sociedade Comercial ROMAR Lda. Rua da Boavista, 83-1° D Lisboa

GM 1286/5

C. D. U. 621.314.21 : 621.317.333.8

250 transformateurs de grande puissance ont subi, sur notre plateforme, les essais de tenue aux ondes de choc — *Gänger B.*

Rev. Brown Boveri, t. 48 (1961), n.º 7, pág. 409 411, 1 figura.

C. D. U. 621.314.212

The Stornorrfors transformers — *Sollergren, B.*

Asea Journal 33 (1960) : 4-5, pág. 47-55.

C. D. U. 621.316

Problemas de regulação nas grandes redes — *M. Cuénod.*

Suíça Técnica, 1960, n.º 2, pág. 31-41.

C. D. U. 621.316.3.027.26

Distribution Centre N 1960 — a Flexible Low-voltage Metal-clad Distribution Board with Drawout Units — *Herbert Lausmann and Josef Schimitt.*

Siemens Review 28 (1961), pág. 338-341, 3 figuras.

C. D. U. 621.316.344

Truck-type switchgear for 20 kV — *Strömblad, E.*

Asea Journal 34 (1961) : 7, pág. 127-129.

C. D. U. 621.316.344.2

Châssis pivotants standard pour support d'appareils de commandes automatiques — *Walther Kirchner.*

Revue Siemens 18 (1960), pág. 271-272, 2 figuras.

C. D. U. 621.316.37-523.8

Emploi d'éléments standard SIMATIC pour la télécommande rapprochée de grands postes de distribution — *Rolf Hahn.*

Revue Siemens 18 (1960), pág. 77-79, 2 figuras.

C. D. U. 621.316.5 : 621.311.20 (689.1)

330 kV Switchgear for Kariba — *J. B. Snow.*

A. E. I. Engineering, 1-961, vol. 1, n.º 1, pág. 6-12.

C. D. U. 621.316.5.015.3

L'effect des surtensions de manœuvre sur les tranformateurs de puissance, les bobines d'inductance, les transformateurs de tension et de courant — *M. Ckristoffel.*

Revue Brown Boveri, 4-960, vol. 47, n.º 4, pág. 255-230.

C. D. U. 621.316.845

Résistances à éléments en forme d'aubes — *Schoch E. et A. Grasset.*

Rev. Brown Boveri, t. 47 (1960), n.º 9, pág. 566-570, 5 figuras.

C. D. U. 621.316.9

A New Overload and Short-circuit Protective Unit — *Ludwig Rimmark.*

Siemens Review 27 (1960), pág. 232-235, 3 figs. 1 tab., bibl.

C. D. U. 621.316.9

Un nouvel ensemble de relais de protection contre les surcharges et les courts-circuits, type R 3 Ast 50 — *Ludwig Rimmark.*

Revue Siemens 18 (1960), pág. 190-194, 3 figs., 1 tab., bibl.

C. D. U. 621.316.9

Protection of A. C. Systems — *H. G. Bell.*

Journal I. E. E, 10-961, vol. 6, n.º 70, pág. 571.

C. D. U. 621.34 : 621.85 : 671.2

Accionamiento de un solo motor para máquinas papeleras — *H. Mueseler.*

A. E. G. Al dia, 3-959, n.º 3, pág. 220-227.

C. D. U. 621.34 : 621.938.3.664.1.055

Completely automatic sugar centrifugals — *Widén, S.*

Asea Journal 34 (1961) : 1, pág. 19-20.

C. D. U. 621.34 : 622.673

Mine winding equipment — *C. D. Wilkinson.*

Journal I. E. E., 8-961, vol. 7, n.º 80, pág. 489.

C. D. U. 621.387 : 621.316.933 : 621.317.333.8

Ace initiation and power-follow current — *Alston, L. L. and Bruce, F. M.*

Journal of the I. E. E., 2-959, vol. 5, n.º 50, pág. 100-102.

C. D. U. 621.389

Un afficheur à tube cathodique pour le calculateur arithmétique 2002 — *Friedrich Baur et Karl Ludwig Lenz.*

Revue Siemens 18 (1960), pág. 175-177, 3 figs., bibl

C. D. U. 621.395.3 : 656.254 5

Installation téléphonique à commande électronique pour le service des trains — *Leo Luedtke.*

Revue Siemens 18 (1960), pág. 64, 1 figura.

C. D. U. 621.395.31 : 621.395.344

Effect of Incoming Subgroups on Dimensioning of New Mixing-Selector Arrangements in Telephone Switching — *H. Wagner.*

SEL-Nachr. 9 (1961), n.º 1, pág. 70 72.

C. D. U. 621.395.72 (82)

Nouveaux centraux EMD en Argentine aménagés avec des équipements de fabrication autochtone — *Gerhard Zimmermann.*

Revue Siemens 19 (1961), pág. 324, 1 figura.

C. D. U. 621.395.721

Nouvelles installations téléphoniques d'appartement — *Herbert Hüttisch et Ernst Payer.*

Revue Siemens 18 (1960), pág. 54-57, 4 figs., bibliog.

Aglomerado Negro de Cortiça

... o isolante mundialmente preferido

na construção moderna.

ISOLAMENTOS

TÉRMICOS · ACÚSTICOS E VIBRÁTICOS

ISOLA

SOC. COM. de ISOLAMENTOS de CORTIÇA, LDA.
Av. António Augusto de Aguiar, 17 - Lisboa
TEL: 47824-41697

RENOLD

a maior organização mundial no fabrico de correntes de precisão *oferece*

MAIS DE **1000**

CORRENTES, RODAS E ACESSÓRIOS PARA TRANSMISSÃO E TRANSPORTE MECÂNICO DE MATERIAIS

Para informações técnicas e fornecimentos consulte

HARKER, SUMNER & Ca. Lda.

PORTO
38, Rua de Ceuta, 48
Telef. 27054-P.P.C.

LISBOA
14, Largo do Corpo Santo, 18
Telef. 24823

RENOLD CHAINS LIMITED · MANCHESTER

RENOLD

REPRESENTANTES EM TODO O MUNDO

C. D. U. 621.785

Produccion de atmosferas controladas — *A. Lepinay.*
Dyna, 8-962, vol. 38, n.º 8, pág. 467-470.

C. D. U. 621.9-83

Quelques précisions sur l'équipement électrique des nouvelles grosses machines-outils de l'usine de Birr — *Schenkel, A., M. Steinebrunner, G. Faiss.*
Rev. Brown Boveri, t. 47 (1960), n.º 7, pág. 403-406, 3 figuras.

C. D. U. 624.014.27

Un exemple d'utilisation de poutrelles évidées dans les ossatures métalliques.
Acier-Stahl-Steel, 1961, n.º 7-8, pág. 323.

C. D. U. 624.023.04

Calculation of Paraboloid Shells — *I. Csonka.*
Acta Technica, 1960, vol. 31, n.º 3-4, pág. 343-357.

C. D. U. 624.041.2

Wirtschafliche, Statisch Unbestimmte Konstruktionen — *J. Peredy.*
Acta Technica, 1960, vol. 31, n.º 3-4, pág. 285-309.

C. D. U. 624.043 : 624.157 : 624.152.671

Le calcul pratique des rideaux de palplanches métalliques — *J. Verdeyen — V. Roisin.*
Acier-Stahl-Steel, 9-962, n.º 9, pág. 379-394.

C. D. U. 624.07 [012.4] : 539.219.2
531.312.5

Crack and deformation similitude in reinforced concrete — *Ferry Borges — J. Arga e Lima.*
Memória n.º 162 — L. N. E. C, 1961.

C. D. U. 624.072

Le calcul des ossatures étagées et à travées multiples sous l'action des forces horizontales — *E Decarpentrie.*
Acier-Stahl-Steel, 1960, n.º 2, pág. 81-84.

C. D. U. 624.131.372 : 624.131.431.3

Teor de humidade dos maciços terrosos. Sua determinação «in situ» - *J. M. Ressureição Neto.*
L. N. E. C. — Memória n.º 159, 1961.

C. D. U. 624.27

Le pont sen le Quinnipiac River à New Haven (U. S. A.) — *R. N. Boynton.*
Acier-Stahl-Steel, 1960, n.º 5, pág. 221-225.

C. D. U. 627.824.3 : 624.131.54

Nota sobre métodos de verificação da estabilidade de barragens de terra — *V. Penalva Esteves.*
L. N. E. C. — Memória n.º 170, 1961.

C. D. U. 627.825.04.001.59

The determination of the safety factor of arch dams by means of models — *M. Rocha, L. Serafim, Esteves Ferreira.*
L. N. E. C. — Memória n.º 163, 1961.

C. D. U. 629.127.014.555

Commande automatique du gouvernail de profondeur des sous-marins *Gard, A. et Person, E.*
Asea-Revue 33 (1961) : 2, pág. 63-68.

C. D. U. 656

Transportes — *Eng. Alvaro de Sousa Lima.*
Revista de Engenharia «Mackenzie», 10-58 a 10-59, n.º 137, pág. 6-12.

C. D. U. 656.1.056-523.2

Type BU Fixed-Time Controllers for Traffic Signal Installations — *Heinz Benzinger.*
Siemens Review 28 (1961), pág. 412-414, 3 figuras.

C. D. U. 656.11 : 621-52

Electronic Control of Highway Vehicles — *L. E. Flory.*
Journal I. E. E., 5-961, vol. 7, n.º 77, pág. 271-273.

C. D. U. 666.97 : 539.389.3

O efeito da temperatura sobre a fluência do betão em massas — *J. Laginha Serafim.*
Electricidade, 1-3-962, n.º 21, pág. 2.

C. D. U. 676.2.052 : 621-523.8

L'équipement électrique d'une nouvelle machine à papier-journal — *Wolfgang Schmitt.*
Revue Siemens 18 (1960) pág. 4-5, 1 fig.

C. D. U. 678.017.1

Notion de dureté appliquée aux matières thermoplastiques.
Industrie des plastiques modernes, 9-961, vol. 13, n.º 7, pág. 54-56.

C. D. U. 678.026 34

Méthodes de meulage et de revêtement par projection simultanée de fibres et de résines — *B. Pannier.*
Industrie des plastiques modernes, 8-9-961, vol. 13, n.º 7, pág. 25-28.

C. D. U. 678.026.34

La projection simultanée de fibres et de resines — évolution technique et nouvelles applications — *C. Malan.*
Industrie des plastiques modernes, 6-961, vol. 13, n.º 5, pág. 19-20.

C. D. U. 678.027.74

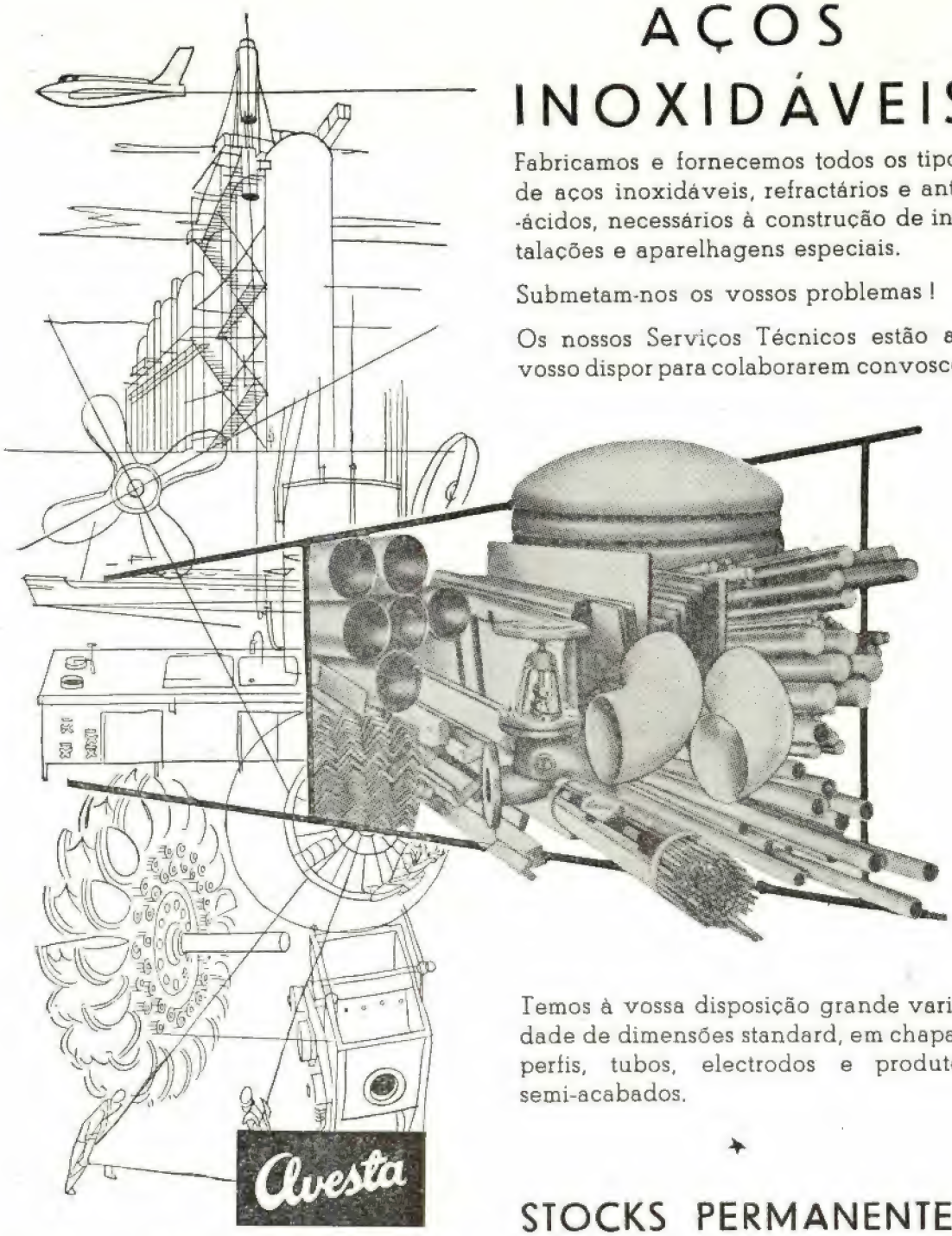
L'injection à l'aide de machines à Vis. — *P. Roesch.*
Industrie des plastiques modernes, 12-960, vol. 12, n.º 10, pág. 25-29.

AÇOS INOXIDÁVEIS

Fabricamos e fornecemos todos os tipos de aços inoxidáveis, refractários e anti-ácidos, necessários à construção de instalações e aparelhagens especiais.

Submetam-nos os vossos problemas!

Os nossos Serviços Técnicos estão ao vosso dispor para colaborarem convosco.



Temos à vossa disposição grande variedade de dimensões standard, em chapas, perfis, tubos, electrodos e produtos semi-acabados.

STOCKS PERMANENTES

AVESTA JERNVERKS AKTIEBOLAG
AVESTA — SUÉCIA

Representantes Exclusivos para Portugal e Ultramar:

A. JOHNSON & Co (PORTUGAL), L.DA

SEDE EM LISBOA:
Praça José Fontana, 11-1.º
Telef. 479 61 — 479 93 — 479 97

FILIAL NO PORTO:
R. Dr. António Granjo, 160/168
Telef. 5 4666

C. D. U. 678.049

Quelques extendeurs provenant du raffinage a l'usine de l'estaque — *T. Delbende.*

Industrie des plastiques modernes, 6-961, vol. 13, n.º 5, pág. 13-18.

C. D. U. 678.057.3

Les caractéristiques des Extrudeuses Monovis pour l'extrusion industrielle des polyoléfines et du C. P. V. — *H. O. Schiedrun* e *H. Domininghaus.*

Industrie des plastiques modernes, 3-961, vol. 13, n.º 2, pág. 2-8; 4-961, vol. 13, n.º 3, pág. 27-32; 6-961, vol. 13, n.º 5, pág. 3-8.

C. D. U. 678.057.7

Moules pour plastisols — *R. T. Jonke.*

Industrie des plastiques modernes, 1-2-961, vol. 13, n.º 1, pág. 37-39

C. D. U. 678.057.74

Machines à injecter 1961 — *W. G. Kriner.*

Industrie des plastiques modernes, 7-961, vol. 13, n.º 6, pág. 21-27.

C. D. U. 678.072 : 53

Stabilité des pièces industrielles en thermodurcissables — *H. Plasson.*

Industrie des plastiques modernes, 5-961, vol. 13, n.º 4, pág. 61-63.

C. D. U. 678.072-41

La production et les qualités du «lamifié» — *M. Mullot.*

Industrie des plastiques modernes, 5-961, vol. 13, n.º 4, pág. 15-20.

C. D. U. 678.073 : 63

Films Plastiques — Nouveatés dans les essais agricoles divers — *M. Balivet.*

Industrie des plastiques modernes, 4-961, vol. 13, n.º 3, pág. 61-62.

C. D. U. 678.073 : 63

La gaine plastique d'arrosage — *M. J. Bigot.*

Industrie des plastiques modernes, 4-961, vol. 13, n.º 3, pág. 63-64.

C. D. U. 678.674.01 : 535.3

Conclusions de trois années d'études des Polyesters Stratifiés — *A. Nisen.*

Industrie des plastiques modernes, 6-961, vol. 13, n.º 5, pág. 41-44.

C. D. U. 678.674 027.7

Compounds polyesteres pour moulage — perspectives nouvelles — *J. Newton.*

Industrie des plastiques modernes, 8/9 961, vol. 13, n.º 7, pág. 29-32.

C. D. U. 678.675 : 66.095.3

Nouvelles techniques de polymérisation et de mise en œuvre des Polyamides — *M. Hacquard.*

Industrie des plastiques modernes, 6-961, vol. 13, n.º 5, pág. 25-29.

C. D. U. 681.142 : 518.5

Pattern recognition by digital computer — *R. L. Grimsdale.*

Journal I. E. E., 3-959, vol. 5, n.º 51, pág. 160-164.

C. D. U. 681.142-83

AEI 1010 A computer for Commerce and Industry — *J. C. Gladman.*

A. E. I., Engineering, 4-961, vol. 1, n.º 4, pág. 147-153.

C. D. U. 691.327-211

Influência do coeficiente de variação na dosagem dos concretos — *Eng. Francisco de Assis Basilio.*

Revista de Engenharia «Mackenzie», 10-958 a 10-959, n.º 137, pág. 3-5.

C. D. U. 697.946 — 23.2

Controlling the Voltage of Electrostatic Precipitators — *Ernst Schwarz, Rolf Schlitt, G. F. Götz.*

Siemens Review, 1962, vol. 29, n.º 9, pág. 313-317.

C. D. U. 697.946-523.2 : 621 375.3

Corrent-contralling Transductors for Voltage Cental of Electrostatic Precipitators — *J. F. Götz, Ernst Schwart, R. Schlitt.*

Siemens Review, 1962, vol. 29, n.º 11, pág. 406-410.

C. D. U. 725.21

Grands Magazins de la Bourse à Iselles (Belgique).

Acier-Stahl-Steel, Abril 1960, n.º 4, pág. 179-183.

C. D. U. 725.38

Les Garages Krupp type AU-RO — *H. J. Dankert.*

Acier-Staht-Steel, 1962, n.º 6, pág. 261-265.

C. D. U. 725.4

Superstructure métallique de la entrale d'Arjuzaux (France) — *J. Scheiwiller.*

Acier-Sthall-Steel, 1960, n.º 5, pág. 229.234.

C. D. U. 728.2 (469)

O bloco das águas livres — *Ruy José Gomes.*

Memória n.º 153 — L. N. E. C., 1960.

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA DOS ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

VOL. XXIV

N.os 315 A 320

OUTUBRO DE 1961 A MARÇO DE 1962

Índice por assuntos dos artigos publicados

CIÊNCIAS SOCIAIS

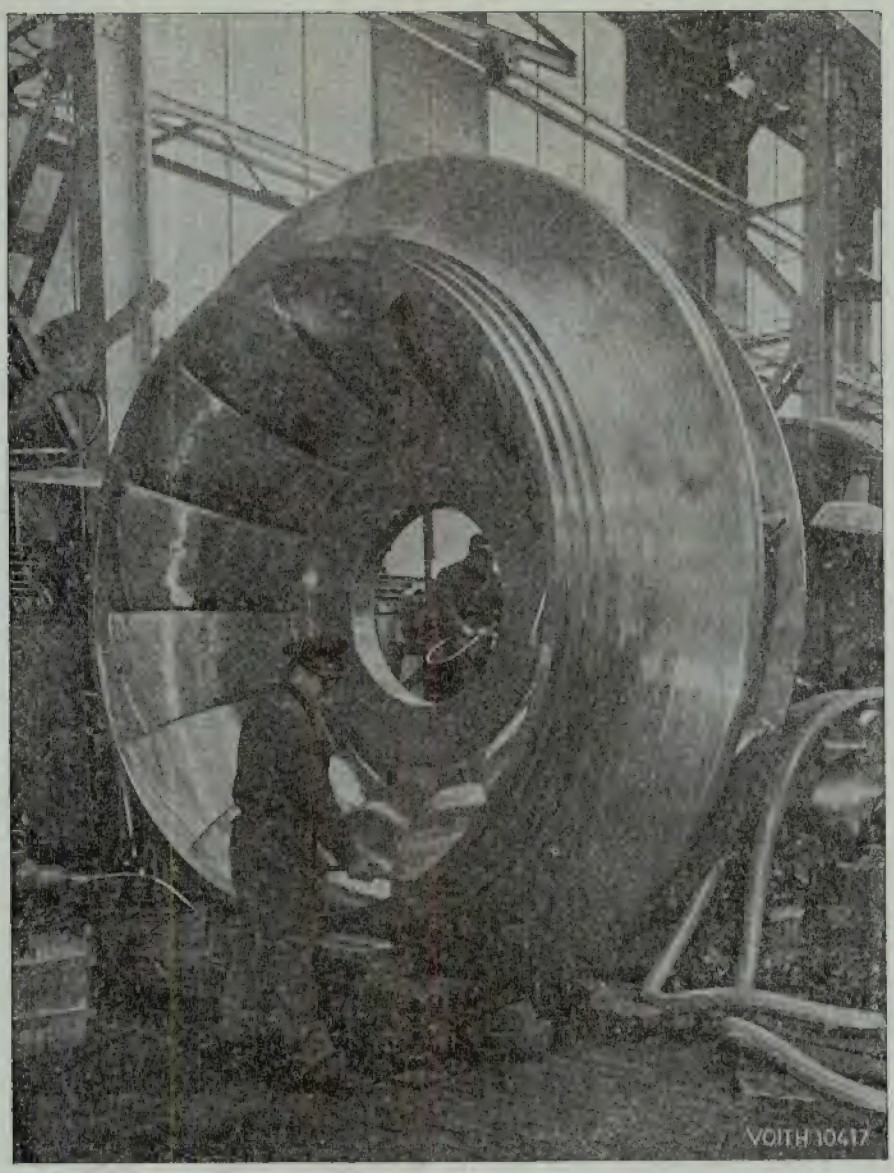
Artigo	N.º	Data	Pág.
Economia			
C. D. U. 001.89 : 331.753			
Profissionalismo, especialização, investigação, estrutura, criação e progresso . . . . . *Luís A. de Almeida Alves*	316	11-61	71
C. D. U. 331.75 : 331.142.2			
A dinâmica das funções directivas . . *L. A. A. Alves*	315	10-61	1
C. D. U. 332.13 (469)			
A situação da banca privada portuguesa na actual conjuntura . . . . *Daniel Barbosa*	317	11-61	137
Ensino			
C. D. U. 378.14			
Semana de recepção aos novos alunos (Palestra da sessão inaugural) . . *F. R. Dias Agudo*	318	1-62	225
Física e Mecânica			
C. D. U. 536			
Estabilidade Intrínseca e Condicionada de Sistemas Termoestáticos . *A. G. Portela*	315	10-61	7
C. D. U. 531.18 : 512.831			
Estudo matricial dos movimentos relativos . . . . . *Carlos A. F. Roncon*	320	3-62	457
C. D. U. 532.543.3 : 532.535			
Problemas de «histeresis» hidráulica nos escoamentos permanentes em superfície livre. . . . . *Fernando Abecasis, António Quintela*	316	11 61	17
C. D. U. 532.593.4			
Ondas na rebentação . . . . . *Daniel Vera-Cruz*	319	2-62	317
C. D. U. 536.65.02 : 536.763			
Demonstração e generalização do teorema de Kirchoff e da equação de Clapeyron—Clausius em Termo-estática . . . . . *José J. D. Domingos*	320	3-62	468
Geologia			
C. D. U. 551.311.23 : 622.131.54			
Medição de índices de alteracão no estudo da deformabilidade das rochas . . . . . *F. H. A. Hamrol*	315	10-61	68

ENGENHARIA

Artigo	N.º	Data	Pág.
Mecânica e Electrotécnica			
C. D. U. 621.181.6			
Ciclos especiais . . . . . *I. C. A. Sequeira*	315	10-61	33
C. D. U. 621.1.018			
Rendimento e grau de expansão. . . *F. de Almeida e Castro*	319	2-62	313
C. D. U. 621.24.001.57			
A determinação dos rendimentos nas turbinas hidráulicas com base nos ensaios em modelos reduzidos . . *A. A. Gonçalves Ferreira*	318	1-62	237
C. D. U. 621.311.21 : 621.039			
Permutadores do calor em Energia Atómica . . . . . *João Carlos Adrião de Sequeira*	317	12-61	163
C. D. U. 621.311.21.002.5			
Sugestão para um novo tipo de central hidroeléctrica: turbina em caverna e alternador em superfície . *F. Vasco Costa* e *L. Moreira Lobo*	319	2 62	307

Artigo	N.º	Data	Pág.
C. D. U. 621.314.2.042			
Uma nova forma do núcleo de transformadores: o canto 15°	317	12-61	191
	320	3-62	373
Rogério da Conceição Serafim Martins			
C. D. U. 621.39 : 517.56			
Determinação do espectro de potência a partir de registos cronológicos	320	3-62	401
F. E. Rebelo Simões			
C. D. U. 621.565.93			
Permutadores do calor em Energia Atómica	317	12-61	163
João Carlos Adrião de Sequeira			
C. D. U. 621.838.4			
Acoplamentos Hidráulicos	320	3-62	447
Carlos A. Raposeiro			
C. D. U. 621.8.024.7			
Estudo dinâmico do mecanismo de accionamento por prato oscilante .	316	11-61	91
	317	12-61	201
Jorge Neves da Silva			
Exploração de minas			
C. D. U. 622.233.026.3			
Pefurabilidade de rochas	316	11-61	75
Fernando de Mello Mendes			
C. D. U. 622.143 : 622.24.051.72			
O emprego das brocas de coroa diamantada nas sondagens da Junta de Energia Nuclear	319	2-62	347
D. Lucas Amaro			
C. D. U. 622.755			
Verificação da lei de Tillé para a distribuição dos caudais nos hidrociclones	395	3-62	395
Nuno G. B. de Almeida Ribeiro			
C. D. U. 622.76			
Introdução à estratificação	318	1-62	229
José Quintino Rogado			
Engenharia Civil			
C. D. U. 624.042.7 (063) (100) 624.058.8 (063) (100)			
A II Conferência Mundial de Engenharia Sísmica	320	3-62	435
J Ferry Borges			
C. D. U. 624.131.34 : 627.82			
Reconhecimento de maciços rochosos, por sondagens, para o estudo das fundações de barragens . . .	315	10-61	45
J. L. Serafim, F. M. Seabra			
C. D. U. 624.131.25			
Reconhecimento de maciços rochosos, por sondagens, para o estudo das fundações de barragens . . .	315	10-61	45
J. L. Serafim, F. M. Seabra			
C. D. U. 625.844 : 624.138.51			
Progressos do projecto e construção de estradas em solo-cimento . . .	317	12-61	219
Manuel Pimentel dos Santos			
Hidráulica			
C. D. U. 627.824.3			
Barragens de terra. Controle de colocação de terras	318	1-62	281
Virgilio Penalva Esteves			
C. D. U. 627.824.3			
Medição de extensões em Barragens de Betão	318	1-62	243
J. Lajinha Serafim			
C. D. U. 627.828.2			
A barragem de contrafortes de Miranda	316	11-61	103
F. Gonçalves Henriques			
C. D. U. 627.341.3			
Duques de Alba elásticos	315	10-61	53
	316	11-62	118
A. G. Santos			
Ciências Comerciais. Organização. Transportes. Comunicações			
C. D. U. 658 1.011			
Medidas de Produtividade	319	2-62	297
J. M. Torres Campos			
C. D. U. 658.012			
Problemas de direcção na empresa industrial	320	3-62	367
Armindo Neves da Silva			
Indústria Química			
C. D. U. 667.621 : 543			
Identificação do veículo fixo em tintas e vernizes	318	1-62	263
M. Fernando Lopes de Castro			
C. D. U. 669.13.017 : 620.18			
A análise metalográfica de gusas . .	319	2-62	329
P. Reis dos Santos			

VOITH



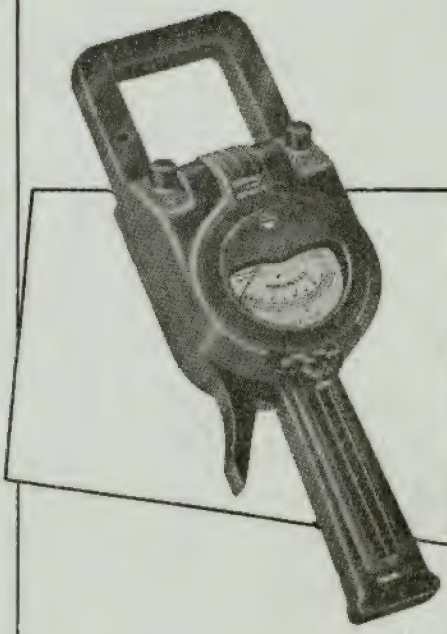
2 Turbinas Francis-espirais para a central Split

na Jugoslávia, com 170.000 CV de potência unitária, sob 265 m de altura de queda, ambas construidas nas nossas fábricas. Na fotografia, em primeiro plano, um operário procede ao acabamento de uma das rodas-motrizes, na nossa oficina de grandes turbinas; o diâmetro máximo dos rotores é de 3.440 mm. As turbinas são alojadas em evolutas, soldadas, fabricadas de chapa de caldeira, de alta qualidade e resistente ao envelhecimento. O veio vertical de cada grupo é guiado por 3 chumaceiras, sendo a de impulso, montada na estrela-suporte do alternador, combinada com a chumaceira superior de guia. Estas construções da Voith são o fruto de longos anos de experiência e o resultado de estudos intensos realizados nos nossos laboratórios de ensaios hidráulicos.

J. M. VOITH GMBH · HEIDENHEIM (BRENZ) · ALEMANHA

SOFOMIL · Lisboa · Rua Joaquim Bonifácio, 2–1º · Apartado 1340 · Telefones 40566, 48980, 733639

PINÇAS FERRANTI



PINÇAS VOLT — AMPERIMÉTRICAS

7 ESCALAS

EM AMPÈRES	EM VOLTS
0 – 10 AMPS.	0 – 150 V
0 – 25 »	0 – 600 »
0 – 100 »	
0 – 250 »	
0 – 1000 »	

PINÇA WATTIMÉTRICA

7 ESCALAS

0 – 3 KW
0 – 6 »
0 – 12 »
0 – 30 »
0 – 60 »
0 – 120 »
0 – 300 »

REPRESENTANTES:

C. SANTOS LDA.

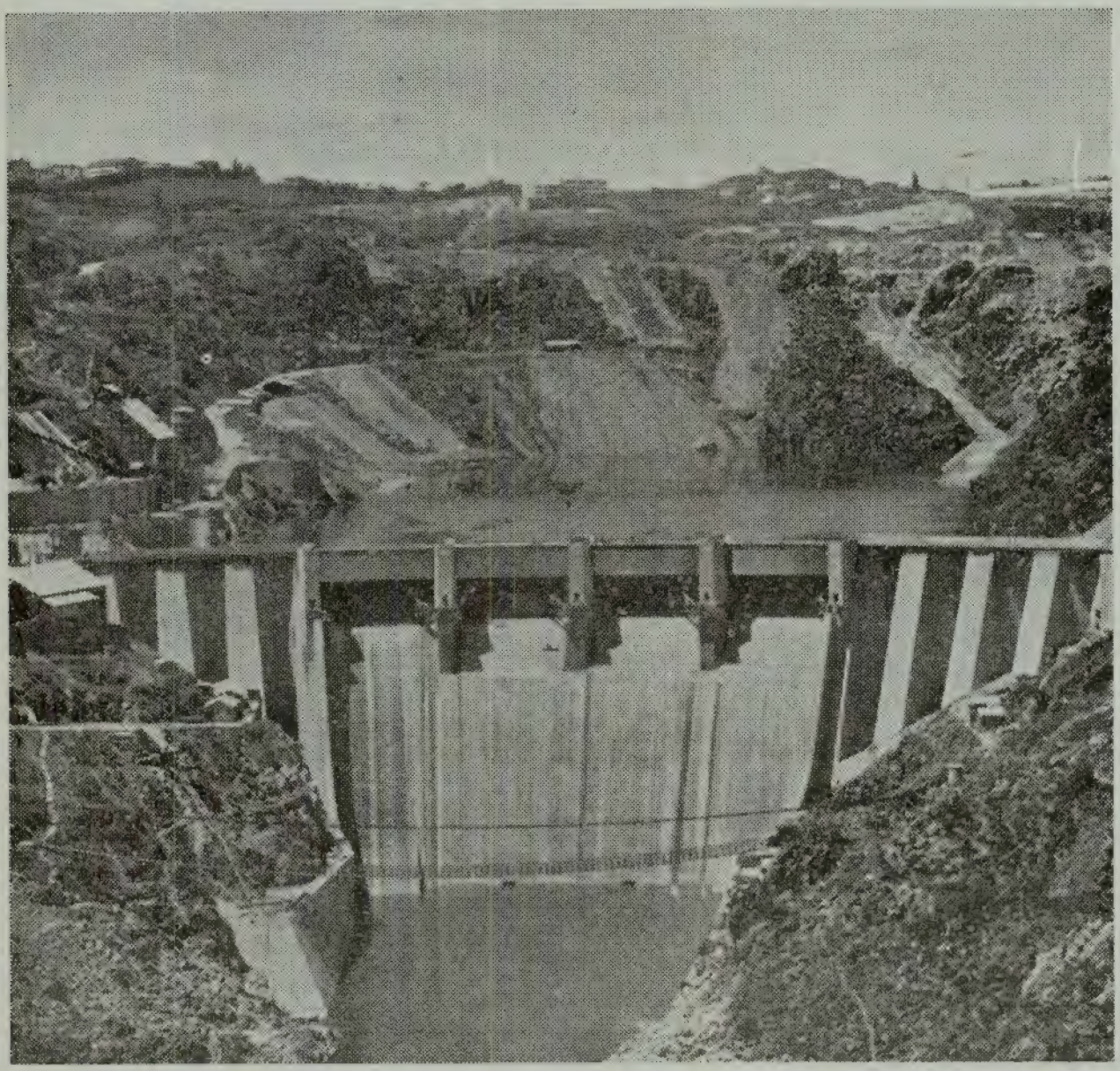
29, AVENIDA DA LIBERDADE, 41 — LISBOA

DIVISÃO MARÍTIMA E INDUSTRIAL
AVENIDA DA LIBERDADE, 29-41 — LISBOA
160, RUA STA. CATARINA, 168 — PORTO

Nos grandes empreendimentos, que exigem materiais de primeira qualidade, impõe-se o emprego do

CIMENTO LIZ

EMPREZA DE CIMENTOS DE LEIRIA



Barragem de Miranda (Hidro-Eléctrica do Douro) — construida com cimento «LIZ»

GUIA DE ANÁLISE QUÍMICA DAS ÁGUAS

pelo Prof. Herculano de Carvalho

Preço 90$00

Tabelas para o Cálculo de Betão Armado

por Fernando Vasco Costa

4.ª edição revista e aumentada pelo autor e por João d'Arga e Lima

Preço 140$00

TOPOGRAFIA GERAL

pelo Eng.º A. C. Xerez

1.º Volume — 2.ª edição revista e aumentada

Preço de cada volume 150$00

MANUAL DE HIDRÁULICA

pelo Eng.º Armando C. Lencastre

Preço 150$00

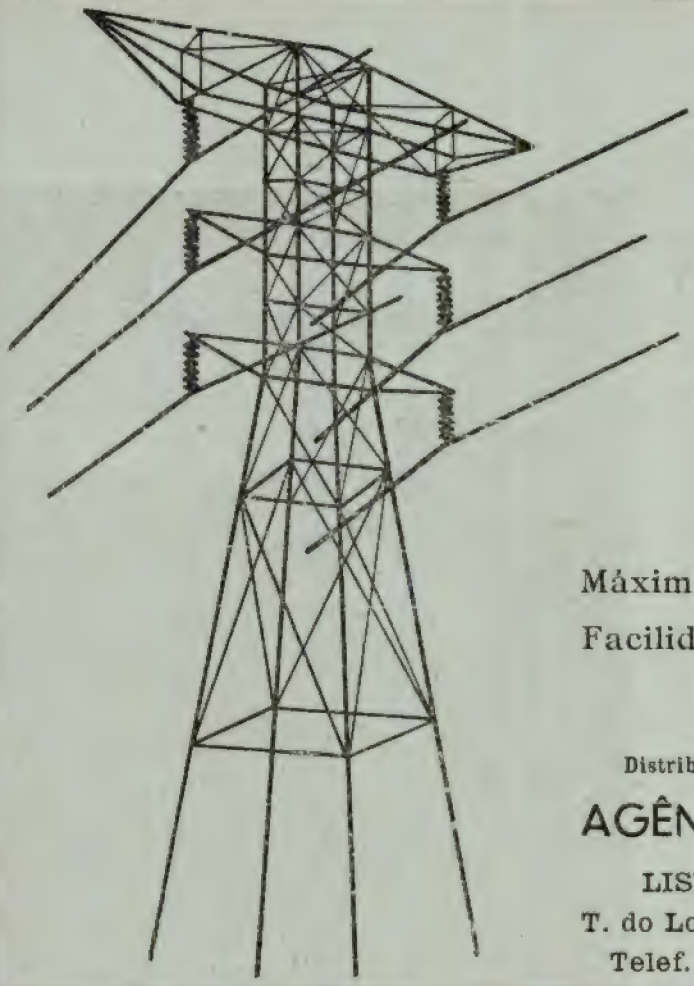
Dicionário de Unidades e Tabelas de Conversão

Pelo Eng.º Vasco Costa e Osvaldo Francês

Preço 35$00

Pedidos à "Técnica"

Desconto: 10 % aos assinantes



NEODON

NEODON + ZINCO =
NEODONZINKGRUND

Metalização a frio

Máxima protecção
Facilidade de aplicação

Distribuidores exclusivos:

AGÊNCIA COMERCIAL, L.DA

LISBOA
T. do Loureiro, 3
Telef. 4 90 54

ÉVORA
R. da República, 93
Telef. 2 33 63

SONDAGENS E FUNDAÇÕES
A. CAVACO LDA.

SONDAGENS
FUNDAÇÕES
CAPTAÇÕES DE ÁGUA
REBAIXAMENTOS
DE NÍVEIS AQUÍFEROS

RUA RODRIGO DA FONSECA 62 R/C • LISBOA
TELEF. 53873-45451-57751-59562

SONDAGENS RÓDIO, L.DA
LISBOA
RUA S. MAMEDE AO CALDAS, 22, 3.º
Telefones: 867165/6/7 ✦ Telegramas: SETANSOL

RÓDIO

SONDAGENS GEOLÓGICAS
ESTUDOS GEOTÉCNICOS
ESTACAS GUNITA
CAPTAÇÃO DE ÁGUAS
CONGELAÇÃO DO TERRENO
IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS HIDRÁULICAS
CONSOLIDAÇÃO DE FUNDAÇÕES
ABAIXAMENTO DO LENÇOL DE ÁGUA

—//—

Engenheiro Chefe: **Walter Weyermann**

TABELAS TECNICAS

PARA

Engenharia Civil

Remodelação e ampliação das edições compiladas sob a direcção do Prof. Vicente Ferreira

POR

J. S. Brazão Farinha

5.ª EDIÇÃO

Preço: 160$00

Desconto 10 % aos Assinantes

Guia de Análise Química das Águas

(Potáveis, Minerais e para a Indústria)

POR

A. Herculano de Carvalho

Professor do Instituto Superior Técnico
e do Instituto de Hidrologia de Lisboa

Preço 90$00

Pedidos à «Técnica»

Desconto 10 % aos assinantes

LISTA CLASSIFICADA DE ANÚNCIOS

Neste número continua a «Técnica» a sua secção de publicidade — a *lista classificada de anúncios* — destinada a facilitar a procura por parte dos clientes.

Estas páginas amarelas ficam abertas aos nossos leitores, que nelas podem anunciar a sua firma e endereço, ao preço de 50$00 por número. Quanto aos nossos anunciantes, é com muito gosto que lhes concedemos grátis a inscrição na lista.

CONSTRUÇÃO CIVIL

CONSTRUTORES CIVIS

— **Agro-Mecânica**
R. Rodrigo da Fonseca — Lisboa

— **Construções Técnicas, Ld.ª**
Pr. do Município, 13-3.º — Lisboa — Tel. 366509.

ESCAVADORAS

— **Guedes & Almeida**
R. de S. Nicolau, 71-4.º — Tel. 2 50 80 — Lisboa.

— **Monteiro Gomes, Limitada**
Rua Cascais, 47 (Alcântara) — Lisboa.

— **PROMEC — Sociedade Comercial de Máquinas e Equipamentos**
Av. Duque de Loulé, 75-6.º E. — Lisboa — Telefones: 73 34 63/73 35 81/73 36 14.

— **Soc. Técnica de Equipamentos e Tractores, Ld.ª**
Prior Velho — Sacavém — Tel. 2 51 00 01/4.

ESTORES

— **Estores Sunway**
Avenida General Roçadas, 98-C e D — Lisboa — Tel. 83 54 35

FUNDAÇÕES

— **Empresa de Sondagem e Fundações Teixeira Duarte, Ld.ª.**
Pr. da Figueira, 18, 3.º — Lisboa — Tel. 36 27 95.

— **Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações**
Pr. da Figueira, 18-3.º Esq. — Lisboa — Luanda — Lourenço Marques

— **Sociedade Construtora Portuguesa, Ld.ª**
Praça do Areeiro, 9-4.º E. — Lisboa 1 — Tel. 72 60 61 e 72 99 11.

IMPERMEABILIZAÇÃO

— **Anselmo de Matos**
Av. Almirante de Reis, 179, r/c — Lisboa 1 — Telef. 4 64 39.

— **Empresa de Produtos Asfálticos**
R. Filipe Folque, 10-1.º — Lisboa — Tel. 73 01 56.

— **Orlando Fernandes**
Rua Palmira, 46-A-B-C — Lisboa 1 — Tel. 83 01 63 e 84 26 39.

INSTRUMENTOS DE PRECISÃO

— **Emílio de Azevedo Campos & C.ª, Ld.ª**
R. de Santo António, 137-145 — Porto — Tel. 2 02 54/5
R. Antero de Quental, 17-1.º — Lisboa — Tel. 55 33 60.

— **Papelaria Fernandes — S.A.R.L.**
L. do Rato, 13 — Lisboa — Tel. 68 21 31/39.
R. do Ouro, 145 — Lisboa — Telef. 2 83 61 e 2 60 66

— **Pimentel & Casquilho**
R. Jardim do Regedor, 24, 2.º
Lisboa-2 — Tel. 32 43 14 — 32 42 48.

— **Wild Portugal, Ld.ª**
Praça das Águas Livres, 8, s/l 6 — Lisboa 2 — Tel. 68 11 27.

ISOLAMENTO ACÚSTICO

— **Isola**
Av. António Augusto de Aguiar, 17 — Lisboa — Tel. 4 78 24 - 4 16 97.

ISOLAMENTO TÉRMICO

— **SETH, Ld.ª**
R. Filipe Folque, 10-1.º — Lisboa — Tel. 73 01 56.

MAQUINAS HIDRAULICAS

— **Sofomil**
Rua Joaquim Bonifácio, 2-1.º — Lisboa — Tel. 4 05 66, 4 89 80 e 73 36 39.

MOBILIÁRO

— **Fábrica Portugal**
R. Febo Moniz

SONDAGENS

— **Augusto Cavaco**
R. Rodrigo da Fonseca, 62 — Lisboa — Tel. 5 38 73

— **Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ld.ª**
Pr. da Figueira, 18, 3.º — Lisboa — Tel. 36 27 95.
— **Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações**
Pr. da Figueira, 18-3.º Esq. — Lisboa — Luanda — Lourenço Marques
— **Sondagens Ródio, Ld.ª**
R. de S. Mamede ao Caldas, 22-3.ª — Lisboa — Tel. 86 71 65/7.

CONSTRUÇÕES METALO-MECÂNICAS

CONSTRUTORES METALO-MECÂNICOS

— **Companhia União Fabril**
Av. 24 de Julho, 170 — Lisboa 2 — Tel. 67 04 21
— **Construções Metalo-mecânica MAGUE, Ld.ª**
Alverca
— **Jayme da Costa, Ld.ª**
R. dos Correeiros, 14 — Lisboa — Tel. 32 70 35.
Praça da Batalha, 12 — Porto — Tel. 2 28 12.
Cx. Postal 5174 — Luanda — Tel. 47 43.
— **Soc. Louis de Roll — Representante Socotel**
R. Sá da Bandeira, 651-4.º — Lisboa

MÁQUINAS-FERRAMENTAS

— **Sociedade Comercial ROMAR, Ld.ª**
Lisboa.

EDIÇÕES TÉCNICAS

— **Revista TÉCNICA**
Av. Rovisco Pais.

EQUIPAMENTO ELÉCTRICO

— **Agência Geral de Material Eléctrico**
R. das Indústrias, 4-1.º — Tel. 66 06 92 — Lisboa.
— **ASEA**
Rua de Artilharia Um, 104-4.º Dt. — Lisboa — Tel. 68 90 17/8/9.
R. do Campo Alegre, 144, Porto — Tel. 6 21 06/9
— **Jayme da Costa, Ld.ª**
R. dos Correeiros, 14 — Lisboa — Tel. 32 70 35.
Praça da Batalha, 12 — Porto — Tel. 2 28 12.
Cx. Postal 5174 — Luanda — Tel. 47 43.
— **Siemens — Comp. de Electricidade**
Lisboa — Porto
— **Soc. de Elec. Brown Boveri**
R. Sá da Bandeira, 481-2.º — Tel. 2 34 11 — Porto
— **Sociedade Michäelis de Vasconcelos, Ld.ª — Oerlikon**
Av. Marquês de Tomar, 94 — Lisboa.
P. da Liberdade, 114 — Porto.
— **União Eléctrica Portuguesa**
R. Alexandre Herculano, 244 — Porto.
R. Rosa Araújo, 35 — Lisboa.

DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA

— **União Eléctrica Portuguesa**
R. Alexandre Herculano, 244 — Porto.
R. Rosa Araújo, 35 — Lisboa.

ELÉCTRODOS

— **Electro-Arco, Ld.ª**
R. Silva Carvalho, 239 — Lisboa — Tel. 68 36 49.
R. do Bolhão, 216 — Porto — Tel. 2 12 77.

INSTALAÇÕES

— **Azevedo & Pessi, Ld.ª**
R. Nova do Almada, 46 — Lisboa 2.
— **Electrotécnicos Reunidos, Ld.ª**
Lisboa

INSTRUMENTOS DE MEDIDA

— **C. Santos, Ld.ª**
29, Av. da Liberdade, 41 — Lisboa.
— **English Eléctric de Portugal, Limitada**
R. Cascais, 47 (Alcântara) — Lisboa 3.
— **Jayme da Costa, Ld.ª**
R. dos Correeiros, 14 — Lisboa — Tel. 32 70 35.
Praça da Batalha, 12 — Porto — Tel. 2 28 12.
Cx. Postal 5174 — Luanda — Tel. 47 43.

ISOLAMENTOS

— **Empresa Electro-Cerâmica, S.A.R.L.**
L. Barão de Quintela.

SOLDADURAS

— **Sociedade Portuguesa do Ar Liquido**
R. da Quinta do Almargem, 14 — Lisboa — Tel. 63 71 36.
R. de Justino Teixeira, 617 — Porto — Tel. 5 00 31.

TELECOMUNICAÇÕES

— **Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos, S.A.R.L.**
R. Rodrigo da Fonseca, 110, r/c — Lisboa — Tel. 68 60 72.
R. Sá da Bandeira, 766-1.º E — Porto — Tel. 2 48 18.
— **Standard Eléctrica, S.A.R.L.**
Av. da Índia — Lisboa.

EQUIPAMENTO INDUSTRIAL

ANILHAS

— **Gomes de Castro & Irmão, Ld.ª**
R. Guedes de Azevedo, 229 — Tel. 2 06 58 — Porto.
Rua dos Remolares, 12-4.º — Sala A — Tel. 36 65 83 — Lisboa.

APARELHOS DE ELEVAÇÃO

— **Azevedo & Pessi, Ld.ª**
R. Nova do Almada, 46 — Lisboa 2 — Tel. 3 01 32

— **Demag — Soc. Romar**
R. da Boa Vista — Lisboa

— **PROMEC — Soc. Comercial de Máquinas e Equipamentos**
Avenida Duque de Loulé, 75-6.º Esq. Lisboa — Tel. 73 34 63/73 35 81/73 36 14.

— **Sanfer, Ld.ª**
Rua S. Julião, 41-1.º — Lisboa — Tel. 32 60 89.

AQUECIMENTO

— **Fluitherma**
9, Avenue Hoche, Paris 8e

CORRENTES

— **RENOLD**
Harker, Sumner & C.ª, Ld.ª
Largo do Corpo Santo, 14-18 — Lisboa.
Rua de Ceuta, 38-48 — Porto.

MÁQUINAS-FERRAMENTAS

— **Georges Fischer — Soc. An. — Suíça — Representante Soc. Romar**
R. da Boa Vista — Lisboa

— **Sociedade Comercial ROMAR, Ld.ª**
Lisboa.

MOTORES INDUSTRIAIS

— **C. Santos, Ld.ª**
29, Av. da Liberdade, 41 — Lisboa.
160, R. de Santa Catarina, 168 — Porto.

ROLAMENTOS

Soc. S. K. F.
Praça da Alegria, 66-A — Lisboa.

INDÚSTRIAS QUÍMICAS

EQUIPAMENTO

— **Filtros Filfro, Ld.ª**
R. Capitão Filipe de Sousa, 128, Caldas da Rainha.

— **Kellogg International Corporation**
62/72 Chiltern Street – Baker Street
London W. 1, England

FELTROS

— **FANAFEL — Fábrica Nacional de Feltros Industriais**
Estrada de S. João — Ovar — Tel. 93

LUBRIFICANTES

— **BP**

— **Mobil Oil**

— **SONAP**

— **SILICONES**
Wacker-Chemie GMBH München — Alemanha

REVESTIMENTOS

— **NEODON — Agência Comercial, Limitada**
Travessa do Loureiro, 3 — Lisboa — Tel. 4 90 54

TÊXTEIS

— **FANAFEL — Fábrica Nacional de Feltros Industriais, Ld.ª**
Estrada de S. João — Ovar.

INSTRUMENTOS DE PRECISÃO

— **Pimentel & Casquilho, Ld.ª**
Rua do Jardim do Regedor, 24, 2.º — Lisboa
Tel. 32 43 14 — 32 42 48.

— **Hidrel — Técnica de Hidráulica e Electricidade**
Rua do Alecrim, 47-B — Lisboa

CONTADORES

— **Metrimpex**
Budapest 62, Caixa Postal 202 — Hungy.

VÁLVULAS

— **Sociedade Portuguesa de Válvulas, Ld.ª**
R. Academia das Ciências, 5 - Lisboa - Tel. 3 17 10 — 3 17 18 — 3 17 19.
Pr. D. João I, 25-1.º — Porto — Tel. 2 47 71.

MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

AÇOS ESPECIAIS

— **A. Johnson & C.ª (Portugal), Ld.ª**
P. José Fontana, 11-1.º — Lisboa — Tel. 47964-4 79 93-4 79 97.
R. Dr. António Granjo, 160/168-Porto-Tel. 5 46 66

— **Companhia Portuguesa de Trefilaria**
R. do Instituto Industrial, 18-1.º, Dt.º — Lisboa
Tel. 67 12 24/5.

— **SOABAL — Sociedade de Aços para Betão Armado, Ld.ª**
R. Joaquim Bonifácio, 2-1.º-Lisboa-Tel. 4 05 66.

BETÃO

— **Sociedade Portuguesa CAVAN**
R. de D. Estefânia, 94-A — Lisboa — Tel. 4 78 12 e 5 01 29.

BETAO ARMADO

— **SOABAL — Sociedade de Aço para Betão Armado, Ld.ª**
R. Joaquim Bonifácio, 2-1.º-Lisboa-Tel. 4 05 66.

CIMENTOS

— **CIBRA — Cimentos Brancos**
Tv. do Corpo Santo, 15 — Lisboa — Tel. 32 04 64.
R. do Bonjardim, 205 — Porto — Tel. 2 57 79.

— **Empresa de Cimentos de Leiria**
R. Braamcamp, 7 — Lisboa — Tel. 5 91 61/66.

— **Secil**
R. do Comércio, 156—Lisboa 2—Tel. 32 82 01/2/3.

MATERIAL DE ESCRITÓRIO

DUPLICADORES

— **A Gestetner, Ld.**
R. da Conceição, 125 — Lisboa — Tel. 2 26 28.
L. do Padrão, 20-1.º — Porto — Tel. 2 34 69.

MOTORES DIESEL

— **C. Santos, Ld.ª**
29, Av. da Liberdade, 41 — Lisboa.
160, R. de S. Catarina, 168 — Porto

Empresa de Sondagens e Fundações

TEIXEIRA DUARTE, L.DA

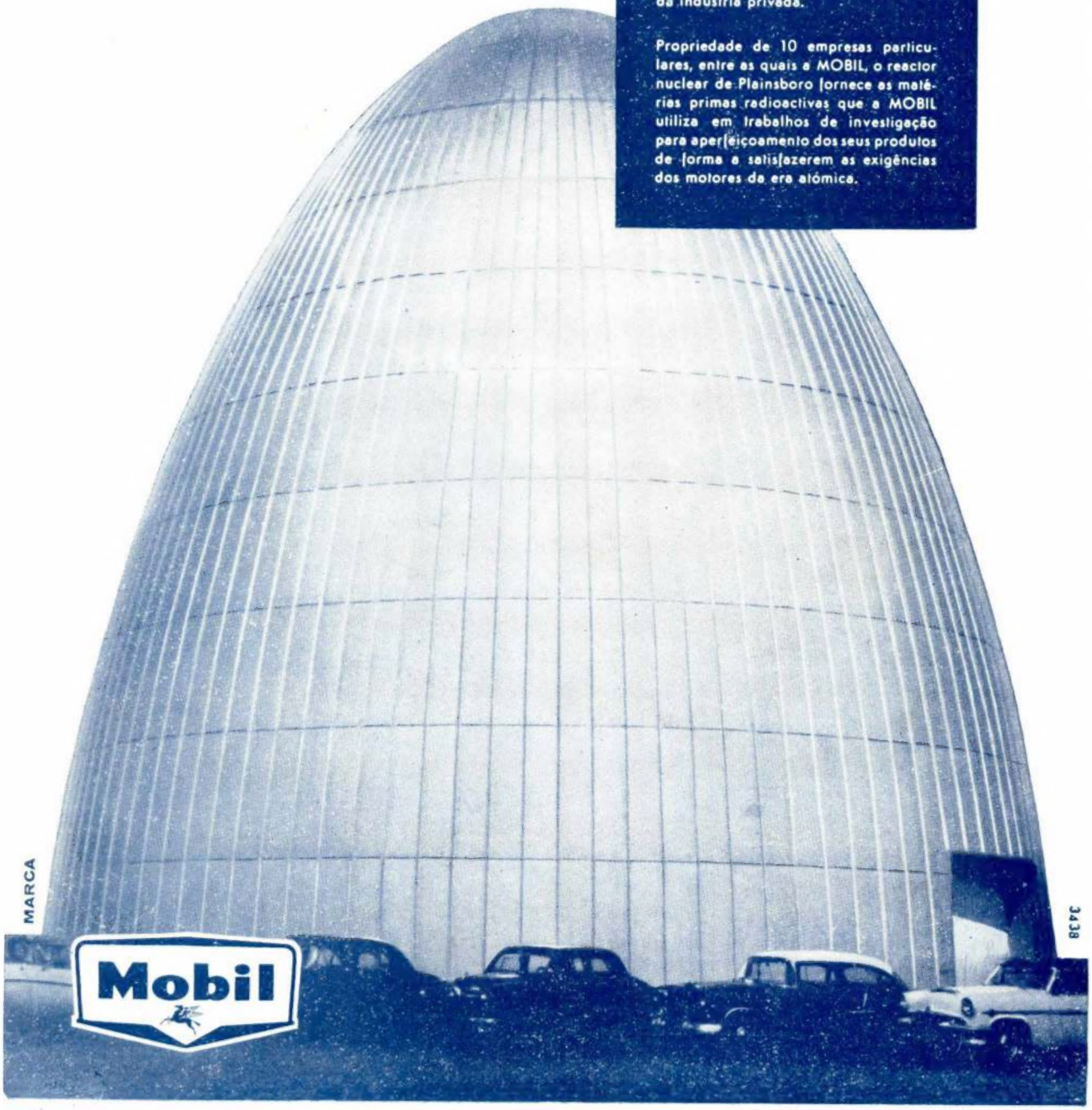
PR. DA FIGUEIRA, 18. 3.º
TELEF. 36 27 95

LISBOA

O MAIOR REACTOR NUCLEAR DO MUNDO DA INDÚSTRIA PRIVADA

Em Plainsboro, Estados Unidos, ergue-se o maior reactor nuclear do mundo da indústria privada.

Propriedade de 10 empresas particulares, entre as quais a MOBIL, o reactor nuclear de Plainsboro fornece as matérias primas radioactivas que a MOBIL utiliza em trabalhos de investigação para aperfeiçoamento dos seus produtos de forma a satisfazerem as exigências dos motores da era atómica.



MARCA

3438